منهجية ريهابيميد للعمارة
التقليدية المتوسطية
إعادة التأهيل على
مستوى المبنى

RehabiMed Method

Traditional
Mediterranean
Architecture
II. Rehabilitation
Building

Método RehabiMed

Arquitectura
Tradicional
Mediterránea
II. Rehabilitación
El edificio

Méthode RehabiMed

Architecture Traditionnelle Méditerranéenne

II. Réhabilitation Bâtiments

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



منهجية ريهابيميد للعمارة
التقليدية المتوسطية
إعادة التأهيل على
مستوى المبنى

RehabiMed Method

Traditional
Mediterranean
Architecture
II. Rehabilitation
Building

Método RehabiMed

Arquitectura
Tradicional
Mediterránea
II. Rehabilitación
El edificio

Méthode RehabiMed

Architecture Traditionnelle Méditerranéenne

II. Réhabilitation Bâtiments

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


LE PRÉSENT PROGRAMME
EST FINANCÉ PAR L'UNION EUROPÉENNE

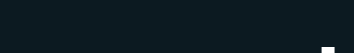

EUROMED



EUROMED HERITAGE


AGENCIA ESPAÑOLA
DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL


COL·LEGI D'APARELLADORS
I ARQUITECTES TÈCNICS DE BARCELONA



Consortium RehabiMed :

Responsable du projet :
Xavier CASANOVAS

Membres :

Ministry of Communications and Works
Department of Antiquities of Cyprus
Responsable : Evi FIOURI

Bureau Culturel de l'Ambassade de la République
Arabe d'Egypte en France
Supreme Council of Antiquities, Egypte
Responsables : Mahmoud ISMAÏL et Wahid
Mohamed EL-BARBARY

Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de
Barcelona, Espagne
Responsable : Xavier CASANOVAS

Ecole d'Avignon, France
Responsable : Gilles NOURISSIER

Centre Méditerranéen de l'Environnement
Marrakech, Maroc
Responsable : Moulay Abdeslam SAMRAKANDI

Institut National du Patrimoine, Tunisie
Responsable : Mourad RAMMAH

Directeur :
Xavier CASANOVAS

Suivi des volumes :
Oriol CUSIDÓ
Ramon GRAUS
Amèlia MARZAL

Développement et rédaction de la méthode :
Oriol CUSIDÓ
Ramon GRAUS

Réseau d'experts du consortium RehabiMed :

Chypre
Responsables : Evi FIOURI et Irene HADJISAVVA
Constantinos ALKIDES
Athina ARISTOTELOUS-CLERIDOU
Michael COSMAS
Eliana GEORGIOU
Kyriakos KOUNDOUROS
Yiola KOUROU
Athina PAPADOPOULOU
Agni PETRIDOU
Eleni PETROPOULOU
Maria PHILOKYPROU
Eleni PISSARIDOU
Socrates STRATIS

Égypte
Responsables : Mahmoud ISMAÏL et Wahid
EL-BARBARY
Mahmoud ABD EL MAGEED
Mahmoud EL-ALFY
Mohamed ELARABY
Philippe HEARINGER
Hany HELAL
Bernard MAURY
Mohamed SIEF AL-YAZEL

Espagne
Responsables : Oriol CUSIDÓ et Ramon GRAUS
Martí ABELLA
Josep ARMENGOL
Santiago CANOSA
Cèsar DÍAZ GÓMEZ
Albert FUSTER
José Luis GARCÍA GRINDA
Soledad GARCÍA MORALES
José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO
María-José JIMÉNEZ
José Manuel LÓPEZ OSORIO
Carmen MARZO
Irene MARZO
Camilla MILETO
Joaquín MONTÓN
Josep MUNTAÑOLA
Francisco POL
Emilio RAMIRO
Pere ROCA
Cristina THIÓ
Fernando VEGAS
Antoni VILANOVA
Montserrat VILLAVERDE

France
Responsables : René GUERIN et Patrice MOROT-SIR
Xavier BENOIST
Christophe GRAZ
Maria LÓPEZ DÍAZ
Michel POLGE
Jean-Alexandre SIRI
Christian THIRIOT
Véronique WOOD

Maroc
Responsables : Abderrahim KASSOU et Quentin
WILBAUX
Karim ACHAK
Mohamed BOUAZZAOUI
Hicham ECHEFAA
Jamal-Eddine EL-GHORAFI
Ameziane HASSSANI
Oum-Kaltoum KOBBITE
Said LOQMANE
Abdellatif MAROU
Ahmed OUARZAZI

Tunisie
Responsables : Radhia BEN M'BAREK et Abdellatif
GHILENE
Mourad RAMMAH
Mohamed KERROU

Experts collaborateurs d'autres pays méditerranéens :

Nur AKIN (Turquie)
Nazmi AL-JUBEH (Palestine)
Mustafa AL-NADDAF (Jordanie)
Ziad AL-SAAD (Jordanie)
Suad AMIRY (Palestine)
Koksal ANADOL (Turquie)
Carlo ATZENI (Italie)
Abdelaziz BADJADJA (Algérie)
Kurtel BELMA (Turquie)
Demet BINAN (Turquie)
Can BINAN (Turquie)
Andrea BRUNO (Italie)
Khaldun BSHARA (Palestine)
Yotam CARMEL (Israël)
Banu ÇELEBIOGLU (Turquie)
Vito CENTRONE (Italie)
Nathalie CHAHINE (Liban)
Ofer COHEN (Israël)
Michel DAOUD (Liban)
Habib DEBS (Liban)
Michelangelo DRAGONE (Italie)
Reuven ELBERGER (Israël)
Tal EYAL (Israël)
Fabio FATIGUSO (Italie)
Antoine FISCHFISCH (Liban)
Yael FUHRMANN-NAAMAN (Israël)
Giovanni FURIO (Italie)
Sinan GENIM (Turquie)
Feyhan INKAYA (Turquie)
Monther JAMHAWI (Jordanie)
Oussama KALLAB (Liban)
Nikolaos KALOGIROU (Grèce)
Vito LAUDADIO (Italie)
Yasmine MAKAROUN BOU ASSAF (Liban)
Moshe MAMON (Israël)
Hilmi MARAQA (Palestine)
Filipe MARIO LOPES (Portugal)
Nikolaos MOUTSOPOULOS (Grèce)
Farhat MUHAWI (Palestine)
Yael F. NA'AMAN (Israël)
Yassine OUAGENI (Algérie)
Alkmini PAKA (Grèce)
Rubi PELED (Israël)
Avi PERETS (Israël)
Simona PORCELLI (Italie)
Bougnerira-Hadj QUENZA (Algérie)
Cristina Scarpocchi (Italie)
Sinan SENIL (Turquie)
Haluk SEZGIN (Turquie)
Mai SHAER (Jordanie)
Yaacov SHAFFER (Israël)
Ram SHOEF (Israël)
Giambattista DE TOMMASI (Italie)
Shan TSAY (Jordanie)
Fandi WAKED (Jordanie)
Eyal ZIV (Israël)

Comité scientifique du projet Rehabimed :
Brigitte COLIN (UNESCO)
Josep GIRALT (IEMed)
Paul OLIVER (Oxford Brookes University)

Traduction française :
Michel LEVAILLANT

Traduction anglaise :
Elaine FRADLEY
ADDENDA

Traduction espagnole :
Inma DÁVILA et Amèlia MARZAL

Traduction arabe :
Mahmoud ISMAÏL

Dessins :
Joan CUSIDÓ

Dessin couverture :
Fernando VEGAS, Camilla MILETO

Photographies :
Équipes RehabiMed, CORPUS et CORPUS Levant.
Autres provenances, au pied de photo.

Conception graphique :
LM,DG : Lluís MESTRES

Site web :
www.rehabimed.net

Bon Pastor, 5 – 08021 Barcelona, Espagne
rehabimed@apabcn.cat

ISBN : 84-87104-73-8
DL : B33976

Le projet a été financé par le programme Euromed
Heritage de l'Union européenne et l'Agencia Española
de Cooperación Internacional (AECI).

Présentation

La 1e Conférence euro-méditerranéenne des chefs d'État de 1995 a été l'occasion du lancement du processus de Barcelone. Cette ambitieuse initiative, ratifiée en 2005 au cours du sommet Barcelona+10, avait pour objectif prioritaire la recherche de synergies sociopolitiques, économiques, culturelles et environnementales, cela dans une optique régionale et de développement mutuel. C'est dans ce cadre que surgit en 1998 le programme Euromed Heritage, afin de contribuer à la mise en valeur et à la protection du patrimoine, vaste et divers, qui est partagé par les différents pays méditerranéens.

L'architecture traditionnelle, en tant que partie essentielle de l'héritage culturel qu'a généré l'imaginaire collectif de la méditerranéité, participe de manière intense des actions développées par Euromed Heritage. Dès la première convocation, en effet, les projets CORPUS et CORPUS Levant ont réalisé une énorme tâche de catalogage et d'analyse des caractéristiques ainsi que des typologies de l'architecture traditionnelle méditerranéenne ; ils ont identifié les problèmes qu'elle présente et proposé les meilleures alternatives pour sa préservation. RehabiMed a voulu offrir une continuité à cette étape d'étude analytique afin de développer les idées essentielles surgies des nécessités et des urgences détectées par ces projets, c'est-à-dire afin de promouvoir une réhabilitation efficace et respectueuse.

De nos jours, dans un monde globalisé dans lequel l'uniformité économique et culturelle marque les critères de développement à suivre, basés sur des modèles standardisés, la proposition de RehabiMed acquiert son plus grand sens. La réhabilitation s'oppose à l'idée de mondialisation, et la richesse régionale, la diversité culturelle, les différentes formes de vie ainsi que les particularités locales sont devenues autant d'éléments essentiels à préserver.

Il y a de nombreuses initiatives publiques et privées destinées à la récupération du patrimoine construit. Certaines, que l'on dit de restauration, sont orientées vers le patrimoine singulier et monumental ; alors que d'autres, comme c'est le cas de RehabiMed, se consacrent à un patrimoine plus modeste, plus abondant et plus présent territorialement, tel que l'architecture traditionnelle des centres historiques des villes et des villages ruraux, ou celle que l'on trouve de forme plus dispersée sur l'ensemble du territoire. Ces dernières initiatives sont dites de réhabilitation, et elles visent toujours à redonner un usage aux bâtiments dont la majorité ne disposent pas du moindre type de protection patrimoniale. Cette manière d'agir sur le construit présente une grande diversité de situations si l'on envisage l'ensemble du domaine méditerranéen. Dans les pays européens, par exemple, la réhabilitation représente presque 50 % de l'activité de tout le secteur, alors que dans les pays du Sud et de l'Est du bassin méditerranéen, cette activité n'atteint pas 10 % de l'ensemble, en dépit de l'importance qu'elle a pour le développement économique et la cohésion sociale de la population.

L'objectif de RehabiMed est de renforcer l'activité de réhabilitation et d'entretien de l'architecture traditionnelle méditerranéenne, comme facteur de développement durable (social, économique et environnemental). Atteindre cet objectif permettra d'avancer par rapport à deux défis historiques qui pourraient sembler opposés mais qui sont, de notre point de vue, parfaitement compatibles et complémentaires : d'un côté, on contribue à améliorer les conditions de vie des habitants, qui sont ceux qui donnent du sens et de la vie à ce patrimoine ; de l'autre, on contribue à la préservation de l'identité historique et culturelle des peuples méditerranéens.

Pour atteindre cet objectif, la manière de travailler de RehabiMed a consisté à aborder la tâche sous un triple versant. D'une part, nous avons développé des outils stratégiques et méthodologiques destinés à la réhabilitation ; de manière complémentaire, nous avons réalisé

diverses actions de diffusion et de formation de professionnels dans l'esprit et avec les contenus des outils développés ; enfin, nous avons lancé quatre opérations pilote, avec des travaux réels de réhabilitation, afin de mettre à l'épreuve, d'expérimenter et de démontrer l'importance, les possibilités de même que les effets positifs que représente une bonne politique de réhabilitation.

Nous venons de vivre trois années de travail intense, de débats constructifs, d'expériences partagées avec des experts, des responsables politiques, des étudiants et, surtout, avec la population qui est en rapport direct avec nos actions. Cela nous a permis de compléter l'objectif que nous nous étions donné au début. Nous pensons aujourd'hui que les résultats sont excellents et que nous avons créé une bonne base de départ pour que la réhabilitation se développe de manière adéquate, en donnant tout leur sens aux outils créés, à la formation donnée et aux expériences réalisées.

J'ai maintenant la satisfaction de présenter le deuxième volume de notre travail méthodologique, résultat de l'effort de plus de cent cinquante professionnels de différents domaines et de quinze pays différents. Les textes de la présente publication contiennent le Guide pour la réhabilitation des bâtiments de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Il s'agit d'un complément indispensable à la Méthode RehabiMed, amplement médité et élaboré afin de répondre aux inquiétudes de nos collaborateurs et experts. Dans le cas présent, nous avons aussi développé une première partie pratique qui détaille les étapes à suivre pour la réhabilitation des bâtiments. Il offre aussi un riche complément d'articles spécifiques clairs et précis qui développent les différents aspects ébauchés dans la procédure proposée, et ce afin de faciliter son application et de montrer différentes réalités qui partagent des manières d'agir très similaires dans la réhabilitation des bâtiments d'architecture traditionnelle. Tout cela, j'en suis certain, aidera les différents professionnels qui interviennent dans le processus de réhabilitation à mieux appliquer leurs compétences et leurs connaissances sur la base d'outils contrastés.

Xavier Casanovas
Project Manager de RehabiMed

Barcelone, le 30 juin 2007

Méthode RehabiMed
Architecture Traditionnelle Méditerranéenne
II. Réhabilitation. Bâtiments

Présentation

Introduction

Première partie
Guide RehabiMed pour la réhabilitation des bâtiments traditionnels.
Une approche intégrale du bâtiment

I. La Connaissance

II. La réflexion et le projet

Outil 8. Les techniques de réhabilitation : renforcer les structures

Outil 9. Les techniques de réhabilitation : consolider les matériaux

III. Les travaux

Outil 10. Les réalités du chantier

IV. La vie utile

Outil 11. L'entretien de l'architecture traditionnelle

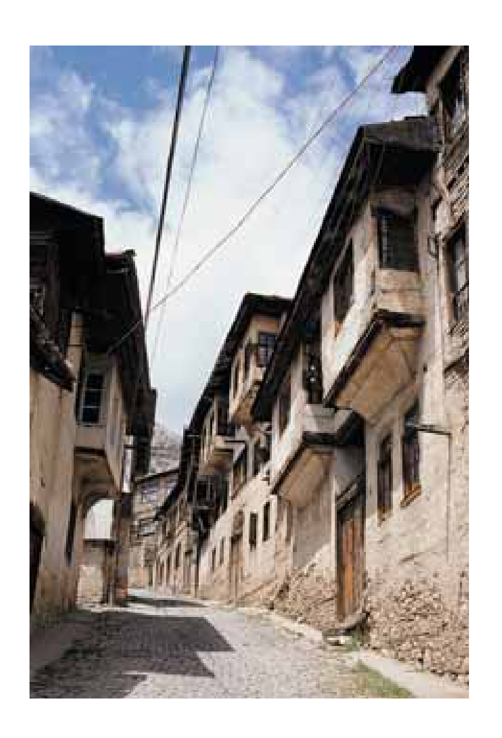
L'architecture traditionnelle méditerranéenne

RehabiMed a décidé de désigner sous le terme d'architecture traditionnelle l'architecture courante, vivante parce qu'habitée, essentiellement civile et domestique et de construction pré-industrielle. Il s'agit d'une architecture qui a été réalisée avec des ressources locales, aussi bien en ce qui concerne les matériaux, les techniques que les compétences de ses constructeurs. Elle est ainsi l'expression fondamentale de la culture des différentes communautés et de leur rapport avec la nature et le paysage.

C'est une architecture qui comporte les différentes formes de regroupement et l'habitat épars avec toutes ses constructions auxiliaires, sans oublier les éléments plus modestes (une fontaine, un chemin, etc.) qui, tous ensemble, composent le paysage traditionnel méditerranéen.

RehabiMed se réfère de manière large à cette architecture, qui recouvre aussi bien l'habitat rural, fondamental quant à l'humanisation et la structuration du territoire, qu'à la ville, claire expression de la vie en communauté et de l'optimisation des ressources ainsi que des relations humaines, dépassant les filtres de l'architecture culte pour incorporer toutes les valeurs des architectures plus modestes.

Pour sa part, l'architecture rurale est éminemment liée aux systèmes de production agricole et elle a, bien au-delà de sa simple présence dans un paysage ancien, un rôle primordial dans la compréhension des processus qui ont donné lieu au paysage actuel, résultat d'une histoire sociale et d'une histoire naturelle. L'architecture rurale a joué et joue encore un rôle remarquable en tant qu'élément de structuration du paysage dans lequel les bâtiments, les cultures et la nature sont en parfait équilibre, résultat d'un processus continu de changement et de transformation, réalité socio-environnementale générée au long de l'histoire conjointement par des facteurs biophysiques et des facteurs socioéconomiques. L'habitat traditionnel rural se formalise en une variété hétérogène de typologies d'édification, qui peuvent se présenter de manière disséminée ou sous forme de hameaux. Il est aussi accompagné d'une grande variété d'éléments et de constructions auxiliaires, indispensables pour la domestication du territoire (des cabanes, des murs de pierre sèche, des fours, des caravansérails, des fontaines, des puits, des moulins, des étables, des greniers, etc.), ou d'infrastructures (des canaux d'adduction d'eau ou d'irrigation, des chemins, etc.) qui sont le résultat de l'interaction historique entre ressources naturelles et systèmes humains d'appropriation de celles-ci et les témoins de l'hybridation cohérente entre les facteurs biophysiques d'une région et les facteurs socioéconomiques de la communauté qui l'habite.



Elmali, Turquie

En contrepoint, l'architecture urbaine est celle qui est construite dans le cadre d'une ville ou d'une implantation urbaine, et elle est l'expression d'une forme d'habiter en communauté plus complexe, dans laquelle les artisans et les commerçants prédominent sur les professionnels de la terre, et où « les nouveaux besoins et les nouvelles formes de la société trouvent lieu » (Mumford, 1961). Les implantations urbaines, bien que liées depuis leur origine, elles aussi, à l'espace rural ainsi qu'à la nécessité de commercialiser l'excédent agricole, apparaissent comme des structures permettant de dominer le territoire qui sont définies, selon Braudel (1968), « davantage que [par] leurs murs ou le chiffre de leur population, par la manière de concentrer leurs activités sur la superficie la plus limitée possible ». L'habitat urbain se présente dans une grande diversité typologique, découlant dans une large mesure de la différenciation géographique et de l'origine et de l'évolution historique. Cette diversité historique et morphologique se traduit non seulement dans les bâtiments, dans les procédés de construction ou dans les matériaux utilisés mais aussi dans la configuration de la forme urbaine, qui s'exprime dans la manière de structurer et de qualifier l'espace collectif (rues, places, etc.), d'organiser les constructions et les usages disséminés dans le monde rural (sanctuaires, fontaines, forteresses, etc.), dans la manière de mettre en rapport l'architecture privée et l'espace public, dans le développement d'une plus grande variété de typologies résidentielles –reflet de structures sociales plus complexes–, dans les usages des bâtiments, dans la singularité de ses infrastructures (marchés, écoles, etc.), etc. Suite à leur



Qalaat al Manika, Syrie



Hacienda Algarrobo, Málaga, Espagne



Rovinj, Croatie



Lucca, Italie

croissance et à leur transformation, ces implantations, qui configuraient autrefois la ville de manière exclusive, sont devenues partie intégrante de la ville contemporaine dans laquelle elles jouent le rôle de noyaux historiques.
Ainsi, c'est cette architecture traditionnelle que l'homme a utilisée pour s'implanter et construire son habitat dans le territoire qui entoure la Méditerranée ; c'est une sorte de palimpseste sur lequel sont réécrites en permanence les relations entre les hommes et leur environnement, et qui s'est aujourd'hui transformé en paysage culturel et imaginaire collectif.

Un monde en transformation.
Une architecture menacée

Les travaux d'inventaire réalisés dans le cadre des projets CORPUS et CORPUS Levant (EUROMED Heritage I) ont montré en 2002 les profondes transformations ainsi que les importantes pressions auxquelles sont soumis l'architecture, le paysage et le territoire traditionnel. Les environnements traditionnels se trouvent de nos jours dans une situation dramatique dans tout le bassin méditerranéen, où ils sont réduits à une perte régulière de leur caractère social et culturel, menacés par une intense dégradation et en constant recul. De fait, la fracture du monde traditionnel ainsi que la tendance à l'homogénéisation culturelle découlant de la mondialisation ont entraîné le mépris de nombre de ces architectures, souvent vues comme un symbole de misère et dont les valeurs ainsi que les qualités s'éloignent du concept de modernité médiatisé.

La pression sur l'habitat traditionnel a commencé avec les processus d'industrialisation, bien qu'elle se soit accentuée de manière définitive avec le mouvement et l'urbanisme modernes du début du XX[e] siècle, à la recherche de nouveaux modèles d'habiter et de faire la ville, de modèles capables de dépasser les déficiences des implantations traditionnelles, parvenant même à leur nier toute valeur fonctionnelle, sociale et même esthétique, et opposant radicalement « le nouveau » à « l'ancien ». Ce processus se présente cependant à des moments différents en fonction du pays et selon que l'on fait référence à l'espace urbain ou à l'espace rural.

De nos jours, à l'ère du « village global », dans lequel la ville métropolitaine industrielle se transforme en « métapole » diffuse et où, de plus en plus, s'estompent les limites entre ville et campagne, la pression sur cette architecture et sur la population qui l'habite est encore plus importante.

Dans le milieu rural, de nombreux villages se dépeuplent à cause du manque d'alternatives de développement, alors que d'autres sont transformés avec violence sous la pression de la spéculation immobilière ou touristique, sans la nécessaire planification urbanistique. Il s'agit là d'un urbanisme contemporain qui détruit l'équilibre historique entre l'homme et la nature, et qui fait du paysage rural un paysage sans activité, dans lequel l'architecture traditionnelle perd son sens et sa fonction originale, et où elle est réutilisée et transformée.

Dans les environnements urbains, les « noyaux historiques » se voient affectés par différentes problématiques qui sont fonction des circonstances historiques et régionales, et que l'on pourrait résumer en quatre grands vecteurs de pression, parfois complémentaires ou simultanés et ayant une incidence différente : des noyaux en cours de sur-densification à cause des migrations (sud-nord ou campagne-ville) avec la détérioration physique (sur-occupation et modification des logements, etc.), sociale (constitution de ghettos, insécurité, etc.) et environnementale (insalubrité, manque de confort, pollution, etc.) de l'environnement urbain que cela entraîne; des noyaux en cours de dépeuplement du fait de l'abandon du tissu historique au profit de la ville, avec la perte de valeurs sociales et la détérioration de l'édification et du patrimoine architectural qui s'ensuivent ; des noyaux touchés par des rénovations urbaines « lourdes » (démolition de patrimoine, destruction du tissu historique avec ouverture de nouvelles voies rapides, insertion incohérente de nouvelles architectures, etc.) ; et, en dernier lieu, des noyaux



Arnavutkoy, Istanbul, Turquie



Mostar, Bosnie Herzégovine



Tunis, Tunisie



Alep, Syrie



Rbat, Maroc

affectés par des processus de réinvestissement urbain, dans lesquels on pourrait distinguer trois grands processus : le développement touristique, la tertiairisation (tout particulièrement dans les centres historiques) avec la possible perte de la fonction résidentielle et la « gentrification », installation dans un quartier dégradé de résidents ayant un niveau de revenus élevé, autant de processus qui peuvent avoir des effets contre-productifs au niveau social.

Des institutions telles que l'UNESCO ou ICOMOS ont alerté à diverses reprises au sujet de la perte de ce patrimoine. De ce point de vue, il faut remarquer les recommandations de la Charte internationale pour la Sauvegarde des Villes Historiques (dite Charte de Washington) de 1987 et la Charte du Patrimoine Vernaculaire (1999). Ces deux chartes, indépendamment du fait qu'elles précisent des critères pour les interventions, insistent sur la nécessité d'avoir une incidence à long terme grâce à des mesures d'éducation et de sensibilisation, c'est-à-dire en promouvant des programmes de formation et de spécialisation autour de la préservation de l'architecture traditionnelle, programmes destinés au monde technique ainsi qu'aux responsables politiques, qui devront déterminer les politiques de remise en valeur et de réhabilitation de ce patrimoine, et rechercher la complicité de la population, protagoniste actif et membre à part entière de ce legs commun.

C'est dans ce cadre que le projet RehabiMed propose une série de mesures pour inciter à la réhabilitation de cette architecture à partir de la sensibilisation et de la formation.

Réhabiliter l'architecture traditionnelle méditerranéenne

Dans un contexte de changements brusques et d'urbanisation non durable ni respectueuse de l'environnement et dans lequel est revendiquée la réorientation des politiques urbaines vers la réduction des conflits entre l'homme et la nature, l'amélioration du cadre de qualité de vie, le développement des valeurs primordiales de la vie en communauté de même que la récupération du territoire existant et la reconnaissance de la diversité culturelle, l'habitat traditionnel dans sa dimension globale a beaucoup à apporter.

Pour RehabiMed, le concept de réhabilitation recouvre un vaste spectre d'interventions ayant pour objectif la récupération et la mise à jour d'une fonction perdue ou endommagée, dans notre cas : habiter. Dans le cadre des préoccupations actuelles, réhabiliter implique l'amélioration du fait d'habiter en recherchant l'équilibre entre les aspects techniques, la préservation des valeurs patrimoniales et des critères d'équité sociale, d'efficacité économique et de préservation de l'environnement (les trois fondements de la durabilité).

On poursuit de cette manière le chemin qu'avaient tracé la Charte européenne du Patrimoine architectural et la Déclaration d'Amsterdam qui lui est complémentaire —les deux datant de 1975 et ayant été impulsées par le Conseil de l'Europe—. Elles avaient en effet posé le concept de *conservation intégrée* pour la récupération des centres historiques dégradés, non seulement à partir de la restauration de leurs monuments mais aussi en impulsant des actions de réhabilitation du tissu de logements ainsi que des mesures d'équilibre social.

RehabiMed propose, de ce même point de vue, une méthodologie qui envisage le processus de réhabilitation à partir de l'intégration de l'espace traditionnel dans un contexte territorial plus vaste ; depuis la globalité de la perspective multisectorielle en termes économiques, sociaux et environnementaux ; avec une volonté de concertation, en revendiquant un consensus d'action entre les différents agents ; doté d'un processus « flexible », du fait de la nécessité d'une adaptation continuelle aux réalités changeantes ; et, pour l'essentiel, non dogmatique, sans prétendre à la recherche de solutions uniques pour les problématiques de l'habitat traditionnel du bassin méditerranéen mais plutôt de solutions adaptables aux conditions et aux spécificités de chaque contexte local.



Thessalonique, Grèce



Beyrouth, Liban



Istanbul, Turquie

La méthode RehabiMed à l'échelle du bâtiment. Le guide et ses outils

Si nous avons consacré le premier volume de cette publication au développement de la méthode RehabiMed destinée à l'intervention à l'échelle des villages, des villes et du territoire, ce deuxième volume est son complément du fait qu'il se focalise sur l'échelle du bâtiment. Il s'agit par conséquent d'un texte destiné aux architectes, aux ingénieurs et aux constructeurs qui projettent, dirigent et exécutent quotidiennement des travaux de réhabilitation dans des bâtiments traditionnels de la Méditerranée. En réhabilitant un bâtiment, il est nécessaire d'avoir une vision globale du territoire dans lequel celui-ci est situé ainsi que de comprendre ses rapports avec l'environnement territorial et urbain. C'est pour cette raison que le projet RehabiMed insiste sur la nécessité d'appliquer les indications de ce guide dans le cadre de la méthode globale de réhabilitation qui est développée dans le premier volume de cette publication, et dans laquelle sont définis des critères d'intervention communs et cohérents pour faire face à la problématique complexe que ces situations comportent.

Ce deuxième volume est aussi structuré en deux blocs bien distincts : une première partie, méthodologique, que nous appelons guide, dans laquelle sont proposées des procédures pour orienter avec certaines garanties les travaux de réhabilitation, et une seconde partie, pratique celle-là, dans laquelle sont développés des outils spécifiques pour résoudre des problèmes concrets.

La première partie est le fruit du travail conjoint d'un réseau d'experts de la Méditerranée qui ont élaboré, pendant la première année de travail du projet RehabiMed, les principes de base ainsi que les procédures du guide. Les textes du guide ont été profondément débattus, ils ont été présentés au Symposium RehabiMed de Marseille en 2005, et ils ont constitué la base conceptuelle de divers séminaires de formation au cours des années 2006 et 2007 (Nicosie, Le Caire, Kairouan et Marrakech).

La deuxième partie, celle des outils pratiques, a été écrite individuellement par divers spécialistes de ses matières respectives dans le but de fournir des éléments d'aide pour les différentes phases de la réhabilitation. On a ainsi tenté de couvrir un large éventail de problématiques et de sensibilités qui, nous le pensons, caractérisent le bassin méditerranéen.

Il est vrai que suivre strictement un guide de ce type implique un degré élevé d'engagement et présente, peut-être, quelques points difficilement abordables dans la réalité de chaque pays et de chaque lieu, mais nous sommes convaincus que fixer haut la barre permettra, à long terme, de stimuler la qualité de la réhabilitation de notre architecture traditionnelle et en favorisera la préservation.



Dubrovnik, Croatie



La Selva del Camp, Espagne

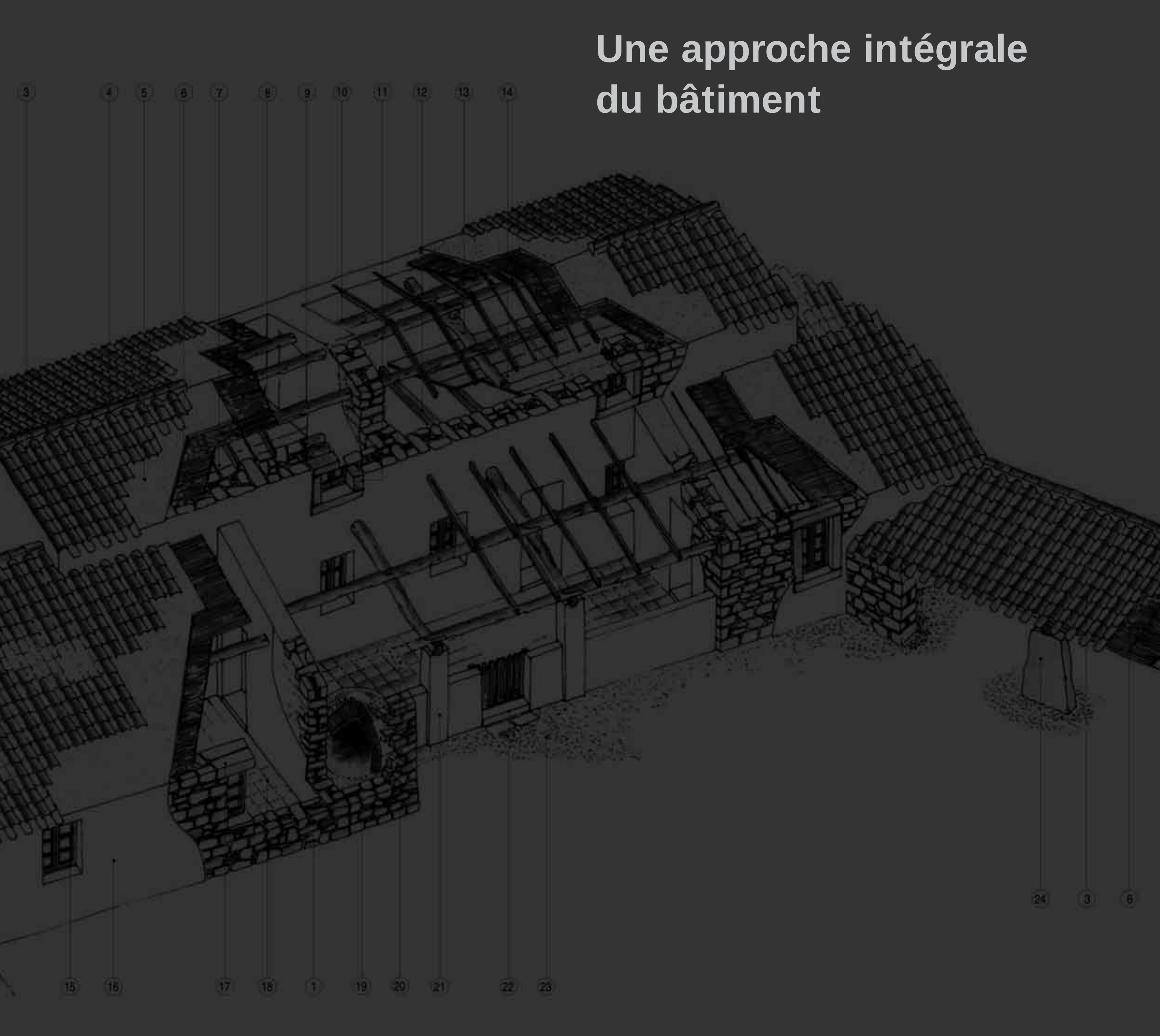


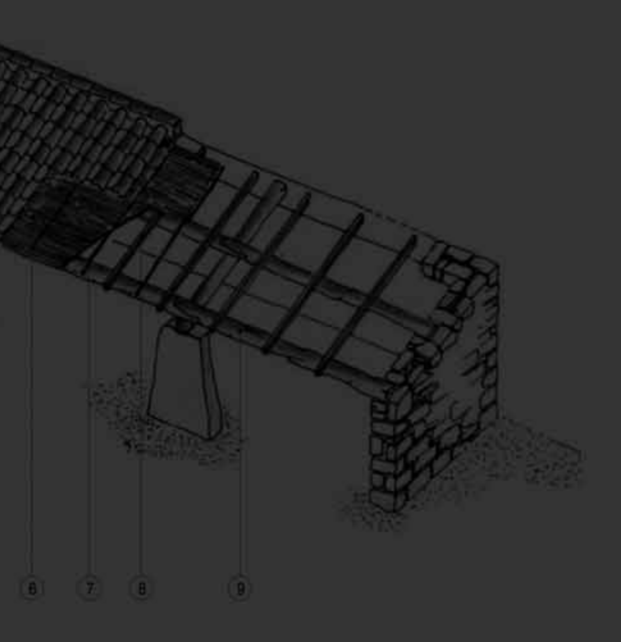
Le Caire, Égypte

Première partie

Guide RehabiMed pour la réhabilitation des bâtiments traditionnels

Une approche intégrale du bâtiment





6
7
8
9

Objectif du guide

Afin de réhabiliter l'architecture traditionnelle d'une manière consciente, ordonnée et adéquate, ce document propose à l'architecte/ingénieur un guide[1] à suivre pendant la réhabilitation des bâtiments traditionnels.

La voie choisie, qui n'est pas nécessairement unique, défend en premier lieu la nécessité de préserver le fait d'« habiter », aussi bien dans la perspective d'améliorer les conditions de vie de ses habitants que dans celle de préserver le sens de cette architecture au sein de sa communauté. En deuxième lieu, il s'agit de reconnaître l'architecture traditionnelle comme faisant partie du paysage culturel méditerranéen. La réhabiliter avec un minimum de rigueur implique de transférer aux générations futures ses valeurs patrimoniales (historiques, artistiques, mémorielles, testimoniales, etc.).

Il faut signaler qu'agir avec ces principes représente une tâche ardue de sensibilisation des techniciens eux-mêmes, parce que la plus grande partie de leur formation universitaire est basée sur la construction de bâtiments neufs en béton armé et sur des techniques industrialisées difficilement compatibles avec cette architecture ; et, parallèlement, de sensibilisation de la collectivité, parce qu'il est indispensable que celle-ci reconnaisse la valeur testimoniale de son architecture. De ce point de vue, nous proposons ici des mécanismes de participation active de la communauté à la prise de décisions. OUTIL 1

Parallèlement, il s'agit d'un guide qui prétend, dans la mesure du possible, être « scientifique », « objectif » et « précis », et qui donne une grande importance aux premières phases de diagnostic et de réflexion préalables au projet ; il s'agit d'un guide qui se distancie des interventions sur le construit qui sont réalisées sans une bonne connaissance du bâtiment et de ses circonstances, faisant appel à la pratique du « ça s'est toujours fait comme ça » ; il s'agit d'un guide qui se méfie des excès provoqués par la foi aveugle dans les nouvelles technologies appliquées sans le moindre discernement ; et finalement, il s'agit d'un guide qui prétend réduire l'habituelle absence de contrôle économique des travaux de réhabilitation.

Il est évident que pour chaque bâtiment particulier, on devra trouver l'échelle et le degré d'intensité de chacune des étapes proposées. Ainsi, le Guide RehabiMed présente une approche générique de maximums qui doit être adaptée à chaque cas concret.

Le guide part du principe de base que si l'on ne connaît pas, on ne peut pas réfléchir et que, par conséquent, on ne peut pas réhabiliter. Ainsi, il propose quatre moments du processus (la connaissance, la réflexion et le projet, les travaux, la vie utile) au cours desquels se développeront les différentes étapes de travail.



L'architecture traditionnelle est extrêmement vulnérable aux pressions du monde contemporain. Sa réhabilitation implique un soin tout particulier afin de ne pas endommager ses valeurs. (Zuccarello, Italie)

En proposant ce type de guide pour réhabiliter des bâtiments, il peut sembler que l'on développera des aspects de l'architecture et de la construction qui sont déjà connus de tous, mais c'est précisément parce qu'ils sont connus que des erreurs sont commises dans les étapes et que finalement la qualité de la réhabilitation s'en ressent.

Pour terminer cette introduction, nous voudrions rappeler que le guide qui est proposé ici acquiert une plus grande valeur quand il est appliqué dans le cadre d'un domaine d'action plus vaste, que ce soit à l'échelle du quartier, de la ville ou du territoire, et au sein d'un Plan d'actions coordonné tel que celui qui est proposé dans la Méthode RehabiMed pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne.

Les agents initiaux du processus

Le principal agent de toute opértion de réhabilitation d'un bâtiment est son propriétaire, qui peut être public ou privé, individuel ou collectif. Dans tous les cas, c'est l'âme de l'opération, dans laquelle s'unissent les désirs d'un meilleur logement, la volonté de faire du commerce, la pure survie consistant à maintenir la maison sur pied, la participation à l'enthousiasme collectif développé autour de l'embellissement d'une rue, etc. De fait, il ne faut pas oublier qu'une partie ou la totalité des logements d'un immeuble d'habitation peuvent être loués et que, par conséquent, il faudra tenir compte des besoins et des opinions des locataires.

De l'autre côté de la relation, l'architecte/ingénieur est un professionnel compétent pour diriger les différentes étapes d'une réhabilitation avec la collaboration d'une équipe pluridisciplinaire. Dans ce guide, on utilise le terme architecte/ingénieur bien qu'il soit évident que dans la diversité des situations méditerranéennes on trouvera différents professionnels formés, partiellement ou totalement, pour ces tâches, comme c'est le cas de l'architecte, de l'architecte-ingénieur, de l'ingénieur de construction, de l'architecte technique, etc. Cependant, la complexité d'une réhabilitation faite avec soin implique que l'on dispose d'une préparation et d'une sensibilité spéciales et que, parallèlement, l'on soit ouvert à la collaboration d'experts de diverses disciplines (historiens, anthropologues, restaurateurs, topographes, etc.).

Le troisième agent du processus est celui que l'on appellera de manière générique le constructeur. Son rôle et ses compétences varient selon la région de la Méditerranée. Dans certaines zones, le savoir-faire traditionnel a complètement disparu alors que dans d'autres il est encore possible de construire comme autrefois. Protéger l'architecture traditionnelle méditerranéenne, c'est aussi protéger ces métiers.

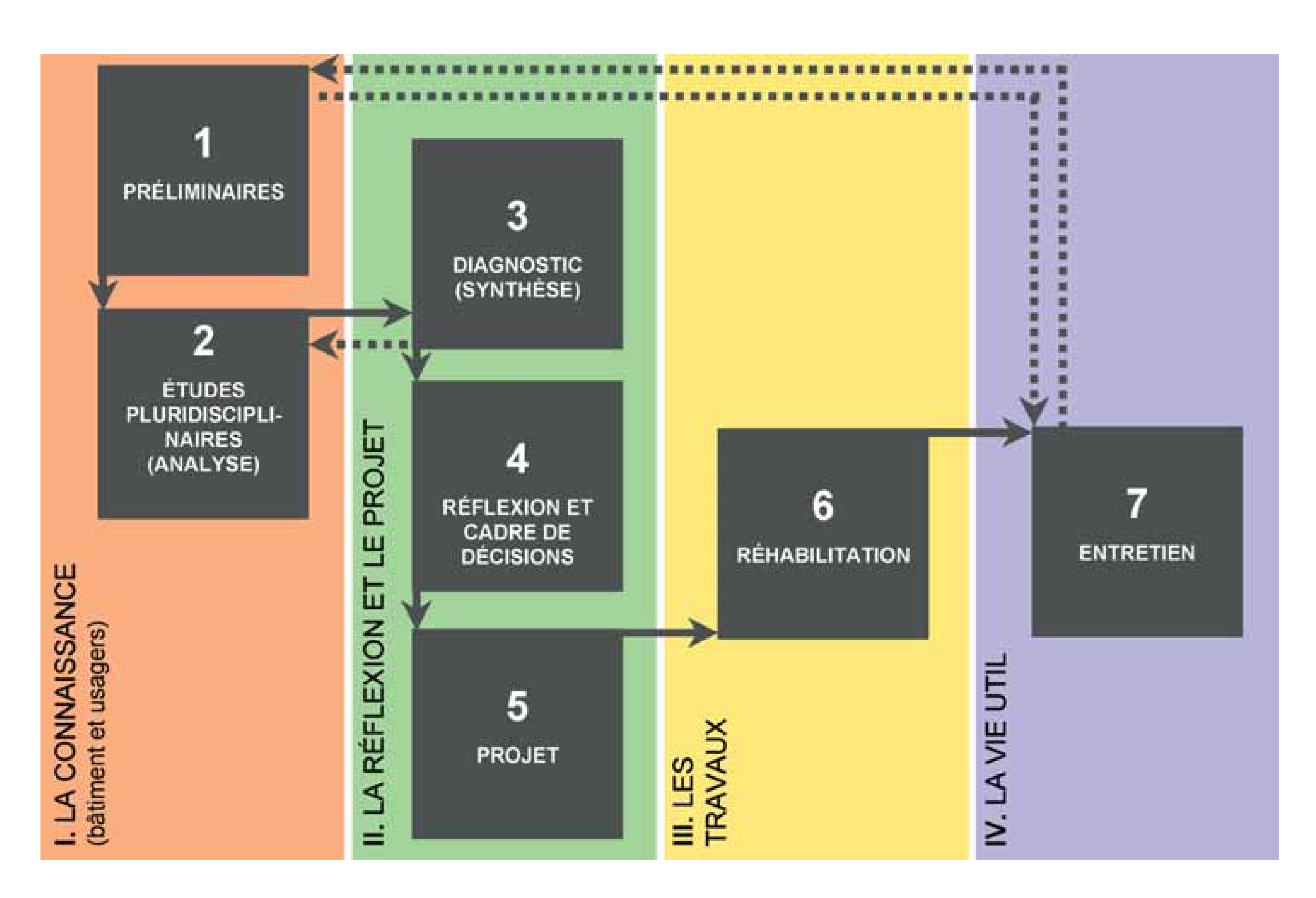
Les étapes à suivre

On a constaté à RehabiMed que, dans la pratique courante, le promoteur décide de faire des améliorations ou des modifications dans le bâtiment et entreprend immédiatement les travaux de réhabilitation. Dans certains cas, il demande conseil à un architecte/ingénieur mais la réhabilitation qui est réalisée est le reflet des besoins du moment. On peut argumenter qu'il en a toujours été ainsi, qu'il s'agit là d'une « architecture sans architectes », mais nous savons tous que la croissance organique de l'architecture préindustrielle répondait toujours à des techniques et à des conduites distillées par la tradition et qu'elle était exécutée par de véritables professionnels, hommes de métier, qu'on les appelle maîtres d'œuvre, maçons ou *maalem* ; tout un monde qui a pratiquement disparu. Le fait de proposer la participation systématique de techniciens de formation universitaire peut sembler être une alternative franchement technocrate mais nous pensons qu'elle répond à la réalité des profonds changements sociaux qui ont eu lieu dans le bassin méditerranéen. Plus encore, ces techniciens devraient être conscients de l'inévitabilité de la majorité de ces changements de telle manière que, comme nous le rappelle sûrement Kevin Lynch[2], il ne leur sera possible que de « diriger les transitions ».

On pourrait schématiser que, dans la pratique courante, le processus ne présente que deux moments, la décision d'agir et les travaux ; RehabiMed propose par contre une procédure séquentielle, un processus en quatre phases consécutives qui démarrent avec la décision d'agir :

I. La connaissance. La connaissance du bâtiment et de ses occupants doit être préalable à toute intervention. La première étape —1. Préliminaires— recueille la décision d'agir du promoteur mais se développe au travers d'un pré-diagnostic qui effectue une première estimation objective de la proposition et de l'objet de l'intervention (le bâtiment et ses usagers). La complexité du bâtiment exige habituellement le démarrage d'une seconde étape de découverte —2. Études pluridisciplinaires (Analyse)[3]— basée sur une investigation disciplinaire soignée au cours de laquelle on analyse les domaines social, historique, architectural et constructif.

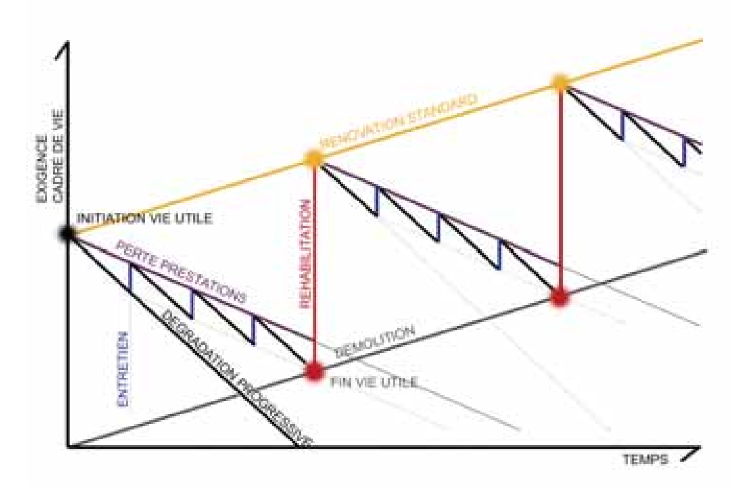
II. La réflexion et le projet. Une fois que l'on connaît le bâtiment



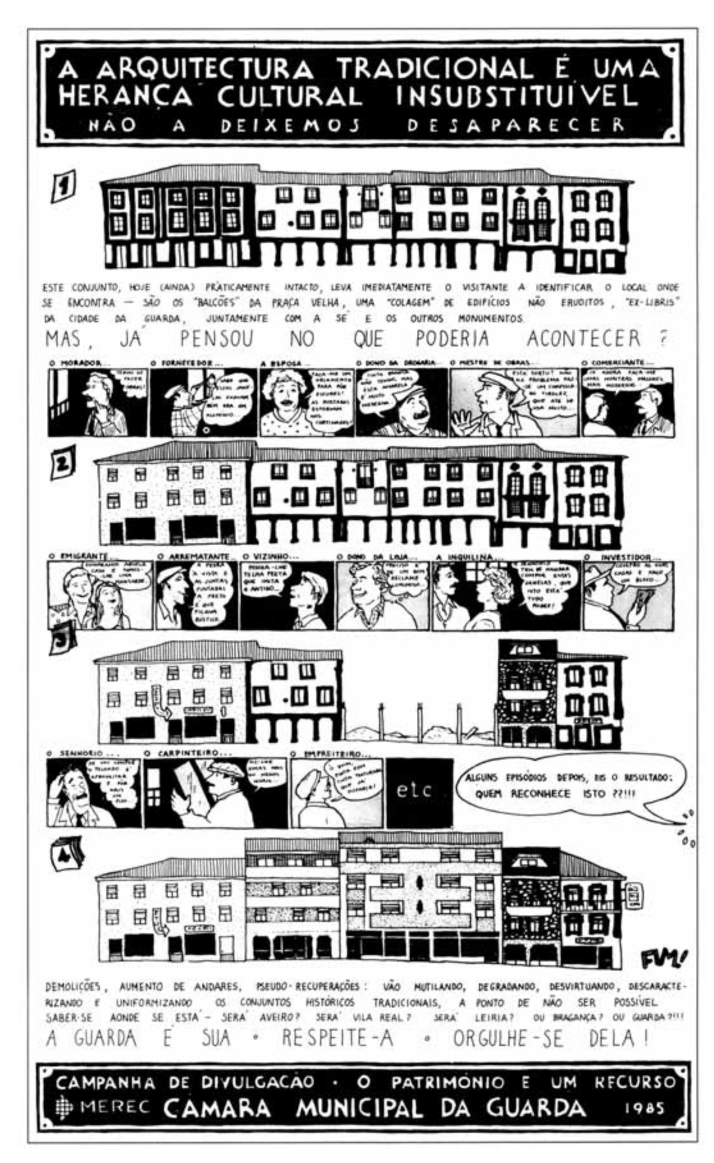
et ses usagers, il est possible d'effectuer un exercice de réflexion qui commence au moyen d'une troisième étape —3. Diagnostic (Synthèse)[4]— de synthèse de l'information recueillie au cours de la phase préalable. Au cours de cette étape, on individualise les problèmes ainsi que leurs causes, et l'on donne une vision globale des potentiels et des déficits du bâtiment. Dans la quatrième étape —4. Réflexion et cadre de décisions— on reprend les idées du promoteur pour la réalisation des travaux et l'on tente de les rendre compatibles avec la réalité du bâtiment, avec ses valeurs patrimoniales, avec les possibilités économiques d'investissement, etc. À ce point du processus, on confirme les critères de l'intervention (comment conserver, jusqu'à quel point transformer, etc.). Il s'agit d'un moment qui doit être marqué par une solide éthique professionnelle. Et, finalement, avec des critères bien déterminés, il devient possible de passer à la cinquième étape —5. Projet— au cours de laquelle on rédige le document de projet qui permettra de passer contrat, de construire et de contrôler la réhabilitation.

III. Les travaux. Ces deux grandes étapes préalables passées, la sixième étape—6. Réhabilitation— pourra être réalisée d'une manière beaucoup plus ajustée, en préservant les valeurs du bâtiment, en s'adaptant mieux aux nécessitées du promoteur et à ce qui paraissait un contresens, avec un moindre coût économique, précisément parce que l'incertitude des travaux a été écartée. Toutefois, pour garantir la qualité de l'exécution de la réhabilitation, il est fondamental d'embaucher le constructeur et ses collaborateurs (que ce soient des artisans, des restaurateurs ou d'autres entreprises spécialisées).

IV. La vie utile. On pourrait croire qu'une fois le bâtiment réhabilité le processus a pris fin, mais nous considérons comme indispensable d'envisager une septième et dernière étape —7. Entretien— qui permet d'entretenir (petites opérations de nettoyage, réparations, rénovations effectuées en suivant un calendrier) le bâtiment au long de sa vie utile jusqu'à une future nouvelle réhabilitation (grande opération qui ramènera le bâtiment aux standards du moment). Au cours de cette étape, les inspections périodiques prennent une importance toute particulière, étant donné qu'elles permettent de détecter les déficits ou les nouveaux besoins avant que le bâtiment ne recommence à se dégrader.



Le graphique présente la différence conceptuelle qui existe entre ce qui est une réhabilitation et ce qui est de l'entretien : à partir du jour même de sa livraison, le bâtiment commence à vieillir. Si l'on effectue de petites opérations d'entretien avec une certaine périodicité, le bâtiment vieillit plus lentement ; sinon, il parviendra finalement à un point où les standards de vie du moment le rendront obsolète (ce que l'on appelle la fin de la vie utile) et une véritable opération de réhabilitation sera nécessaire.

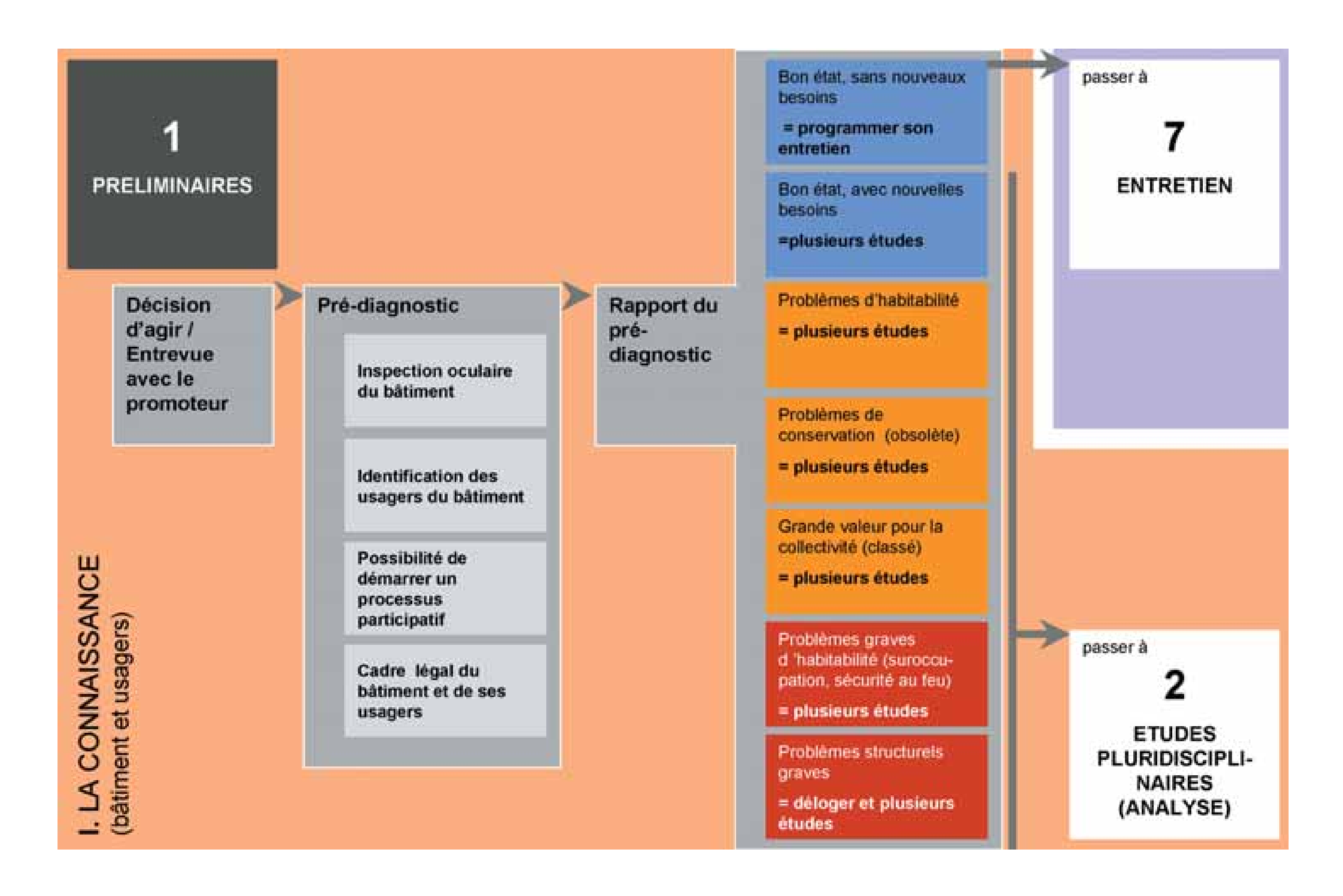


Comme le montre cette affiche de la mairie de Guarda, chacun des habitants de la rue a réalisé avec une certaine bonne volonté des opérations que l'on pourrait considérer « de réhabilitation » ; cependant, sans surveillance, sans guide, sans certains critères de conservation, la rue se sera tellement transformée à la fin qu'elle en deviendra méconnaissable. (Mairie de Guarda, 1985, Portugal)

1 Préliminaires

Cette première étape réunit tous les contacts nécessaires pour entamer un processus de réhabilitation d'un bâtiment, depuis le moment où un promoteur l'a décidée. Les thèmes qui doivent être traités sont de types très différents afin de permettre une première approche suffisamment ouverte du cadre général de l'opération. Cette étape tourne autour de ce que l'on a coutume d'appeler le pré-diagnostic, phase d'orientation objective du promoteur.

Décision d'agir / Entrevue avec le promoteur
C'est le moment du dialogue ouvert entre le propriétaire et l'architecte/ingénieur. Ce dernier doit identifier les besoins ainsi que les désirs du propriétaire, et il doit détecter les possibilités de développement de son idée. Il ne faut pas oublier que les raisons initiales d'une commande peuvent être différentes de ce qu'il sera finalement décidé de réaliser. Très souvent, la propriété décide de faire appel à un expert pour un petit problème (une fissure, une trace d'humidité, etc.), pour des préoccupations de confort, pour une requête municipale de conservation, etc., mais c'est



précisément l'architecte/ingénieur qui doit être capable d'orienter le propriétaire afin de rationaliser l'intervention et d'identifier les besoins les plus déterminants qui peuvent, parfois, être différents des préoccupations initiales du propriétaire.
D'autre part, le propriétaire peut avoir décidé de réhabiliter le bâtiment afin de faire un investissement financier, et c'est là que l'architecte/ingénieur doit être un bon conseiller par rapport aux aspects légaux et au coût économique de l'opération.

Pré-diagnostic OUTIL 2

Le point clé de cette première étape est le pré-diagnostic. Cette étape implique une première approche globale du bâtiment, de ses valeurs (architecturales, historiques, etc.) et de ses problèmes (qu'ils soient constructifs, d'habitabilité, etc.) grâce à une première inspection du bâtiment. Cette première visite se base sur une inspection oculaire au cours de laquelle l'expérience de l'architecte/ingénieur joue un rôle fondamental. Il parcourt tout le bâtiment en tentant de découvrir le système constructif utilisé, les valeurs architecturales qui le caractérisent, les pathologies qui l'affectent, la problématique sociale qui lui est associée, etc. En particulier, il doit fixer son attention sur les descentes de charges ainsi que sur le parcours de l'évacuation des eaux.
Toute cette information peut être recueillie dans une ou plusieurs fiches d'inspection systématisées, comme dans le cas du MER français ou suisse, ou du Test Mantenimiento espagnol, etc. Certaines de ces méthodes d'inspection ont même incorporé dernièrement des données liées au comportement énergétique du bâtiment ainsi que d'autres paramètres environnementaux.



Au cours de la première visite, l'architecte/ingénieur doit être capable de parvenir à une vision globale de la problématique du bâtiment (Como, Italie).

Dans certaines situations de grande fragmentation de la propriété du bâtiment, il est nécessaire de commencer une série d'entrevues pour garantir la participation de tous les propriétaires et usagers du bâtiment.
Parallèlement à l'inspection, l'architecte/ingénieur doit investiguer sur le statut légal du bâtiment afin de connaître les obligations et les restrictions urbanistiques dont il est l'objet (classification, autorisations et affectations de la planification urbanistique , degré de catalogation, de protection, hypothèques, recensements, etc.), ainsi que les aides économiques dont on pourra bénéficier en cas de réhabilitation. Le degré de protection patrimoniale de la zone et/ou du bâtiment est en général déterminant pour l'opération. Un contact préliminaire avec les autorités compétentes (municipalité, administration régionale, etc.) pourra aider à clarifier ces aspects. On doit aussi détecter les statuts légaux des occupants du bâtiment : locations à loyer modéré, logements occupés, sous-loués, etc.

Le rapport du pré-diagnostic

Après l'inspection et les consultations légales, l'architecte/ingénieur peut déjà avoir une première compréhension du bâtiment et avoir détecté ses déficits et ses potentiels.
Le rapport de pré-diagnostic doit recueillir de manière claire et résumée les renseignements compilés et il doit évaluer l'état de conservation du bâtiment et faire des recommandations. Ainsi, l'expert pourra, dès le début du processus, informer le propriétaire des possibilités de réhabilitation du bâtiment et des restrictions techniques et économiques qui existent. À ce moment-là, le client devra décider s'il désire mener à terme ses idées initiales ou s'il souhaite reformuler la commande. On comprend donc que ce rapport peut être fait verbalement au cours d'une entrevue mais il est toujours mieux de tout mettre par écrit : le promoteur peut en effet laisser passer plusieurs mois avant de prendre une décision ou consulter un autre expert, et l'écrit est toujours plus précis.
Si le bâtiment est en bon état et que l'on ne prévoit aucun changement important, on pourra sauter directement à l'étape —7. Entretien— et proposer un plan d'entretien préventif. Toutefois, dans 90 % des cas on devra accéder à une deuxième étape d'études pluridisciplinaires avant de pouvoir entreprendre la réhabilitation.

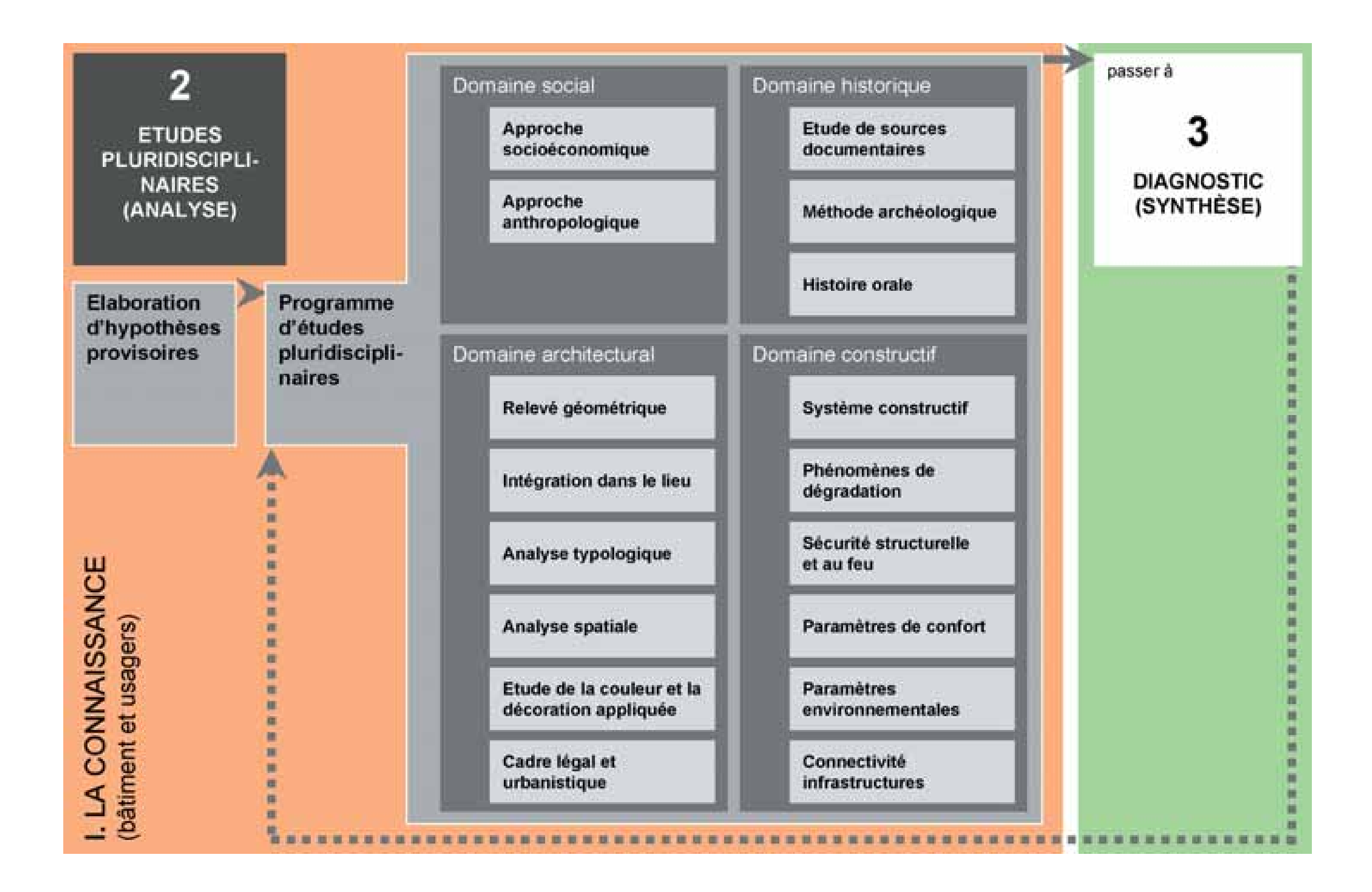
2 Études pluridisciplinaires (analyse)

Cette étape du processus consiste en un recueil systématique d'information dans tous les domaines que l'on considère nécessaire d'investiguer pour parvenir à une profonde connaissance de l'objet d'étude. La possibilité de conduire avec succès ces études pluridisciplinaires dépend de la formation de l'expert qui doit les mettre en pratique ou les diriger (le corpus de connaissances de l'expert peut être concentré, dans les cas simples, en une seule personne et, sur certains points concrets, on pourra envisager la consultation de divers spécialistes). On ne peut pas faire confiance exclusivement à sa propre expérience et à son intuition qui, même si elles sont nécessaires, doivent être accompagnées d'un recueil systématique d'information qui sera, dans certains cas, appuyé de tests spécialisés. OUTIL 3

Élaboration d'hypothèses provisoires
L'étape des études pluridisciplinaires est fondamentale pour connaître suffisamment le bâtiment et son contexte avant d'y intervenir. De ce point de vue, il est souhaitable de se fixer des objectifs et de faire les premières hypothèses[5] à partir des renseignements recueillis dans le rapport de pré-diagnostic ; celles-ci seront vérifiées ou non à mesure que les études avanceront.

Programme d'études pluridisciplinaires
À partir de ces hypothèses, on planifiera une campagne d'études abordable et cohérente en fonction des moyens disponibles. À ce point du processus, on doit être pleinement conscient de l'échelle de l'intervention (s'il s'agit d'une petite maison, d'un grand bâtiment comportant de nombreux logements, d'un bâtiment catalogué de haute valeur monumentale, etc.). Ainsi, on peut envisager le travail sur un mode échelonné de telle manière que des vérifications ultérieures découleront à partir des premières. À ce moment, on doit savoir clairement qui sera le directeur de l'ensemble des études.

Domaine social
Selon le type de réhabilitation, les aspects socioéconomiques peuvent être cruciaux pour la possible intervention. La base de l'étude est en général une enquête sociologique qui permet de



détecter les unités familiales ainsi que les possibles situations problématiques (entassement, marginalisation, chômage, abandon, etc.) et leur relation avec le quartier. Selon le type d'opération, on devra planifier les possibilités de relogement provisoire ou définitif d'une partie des habitants, en très étroite collaboration avec la municipalité.

D'autre part, dans le domaine de l'architecture traditionnelle, l'anthropologie peut permettre d'obtenir de précieux renseignements quant à la signification sociale de la maison, l'usage des espaces, les coutumes, etc. : tous ces éléments intangibles que perçoit la communauté de son cadre de vie. Dans une architecture aussi fragile que l'architecture traditionnelle, on doit renforcer les études anthropologiques pour documenter les manières d'habiter qui sont en danger de disparition. Le fait que de nombreux logements de quartiers traditionnels soient de nos jours habités par des personnes immigrées ayant d'autres traditions montre bien qu'il est important de connaître les deux cultures et de trouver la possibilité de les rendre compatibles.



Si l'on comprend les coutumes liées à la vie traditionnelle, on peut avoir une approche plus précise de son architecture. L'ethnographe Violant i Simorra a étudié les coutumes des Pyrénéens avant leur transformation.

Domaine historique

Quelque architecture que ce soit, et même l'architecture traditionnelle, est appréciée quand il est possible de la reconnaître au sein d'une tradition. C'est de ce point de vue que l'introduction des études historiques aide toujours à fixer des critères d'intervention beaucoup plus solides.

D'un côté, la méthode historique enquête dans les sources documentaires (archives notariales, archives familiales, photographies anciennes, anciens projets du bâtiment) pour compiler des données qui aideront à comprendre le bâtiment et ses transformations. De l'autre, le bâtiment lui-même est un magnifique document historique qui peut être soigneusement étudié comme culture matérielle par la méthode archéologique qui est habituellement utilisée parallèlement au relevé graphique du bâtiment (sondages dans les murs, analyse des matériaux de construction, analyse stratigraphique du bâtiment, etc.).

Une autre discipline de l'histoire, l'histoire orale, joue un rôle important dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle. Grâce à la consultation de personnes d'un certain âge, il est



Réhabiliter un bâtiment ne consiste pas seulement à intervenir sur un objet, la maison est le reflet de ses habitants et il est indispensable de connaître leurs préoccupations, leurs aspirations, leurs besoins. (Baakline, Liban)



Écritures notariales, testaments, actes de vente, anciens plans font tous partie d'un riche patrimoine documentaire qui permet de connaître de première main l'histoire du bâtiment. (Santa Perpètua de Mogoda, Espagne, 1777 – ACA)

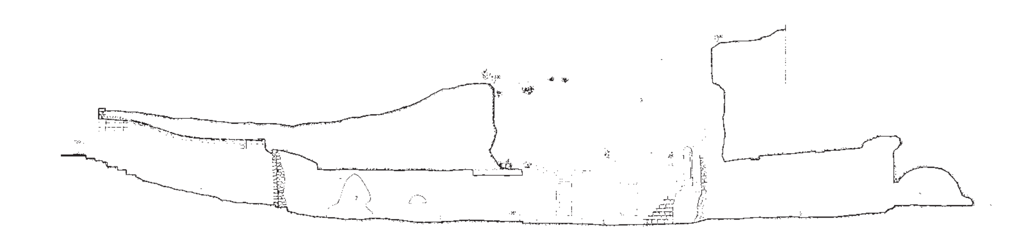
possible d'obtenir des renseignements très utiles sur le bâtiment ainsi que sur les techniques de construction traditionnelles qui sont sur le point de disparaître.

Domaine architectural

Sans un bon relevé géométrique du bâtiment, il sera difficile pour l'architecte/ingénieur de le comprendre et, par conséquent, de réaliser un projet ajusté à la réalité. Le niveau de complexité du bâtiment et des interventions prévues orientera quant au type de relevé et à son degré de précision. On peut opter pour un relevé manuel avec mètre-ruban, pour un relevé topographique ou même pour un relevé photogrammétrique. Dans tous les cas, on devra insister sur la rigueur du relevé étant donné qu'il constituera la base de tous les travaux postérieurs.

Parallèlement, une bonne documentation photographique, voire vidéographique, est extrêmement utile parce qu'elle permet de fixer des détails qui peuvent passer inaperçus à première vue.

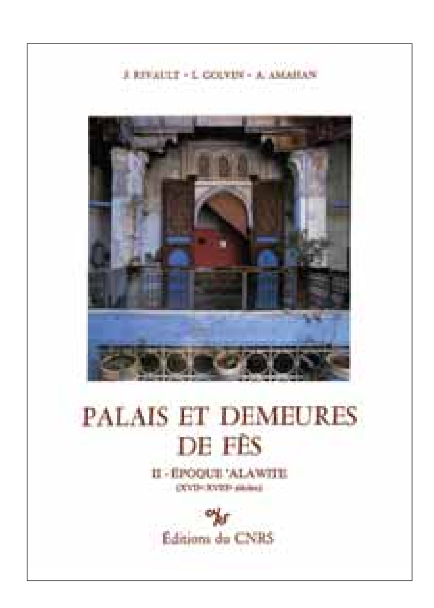
Un relevé graphique n'est pas seulement une opération abstraite permettant de prendre des mesures. Dessiner le bâtiment est le meilleur moyen pour le découvrir et l'appréhender. Une partie importante du relevé appartient à la reconnaissance des valeurs architecturales du bâtiment et au relevé graphique des matériaux,



La méthode de relevé graphique peut être compliquée non seulement du fait du degré de précision nécessaire mais aussi du fait des caractéristiques des logements. (Habitations troglodytiques à Matmata, Tunisie – Institut National du Patrimoine, T. Dammak et M. Chakroun)

TRANSFORMATIONS DU LOGEMENT
LE LIEU
TINERHIR
MAISON 3
E 1/400

Pour apprécier les valeurs ainsi que les transformations du logement traditionnel, on peut avoir recours à la représentation par couches des finitions des parements du logement (dallages, murs et plafonds). (Logement à Ksar Tinerhir, Maroc – IIIe Atelier de réhabilitation des casbahs du sud de l'Atlas)



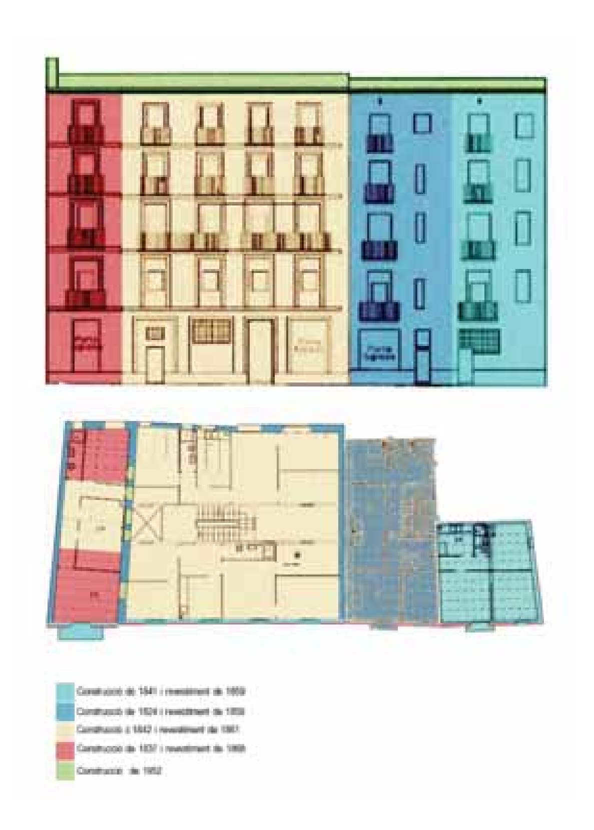
Pour comprendre le bâtiment étudié dans la tradition architecturale de la zone, il est important de consulter les œuvres de référence sur l'architecture locale (J. Revault, Palais et demeures de Fès, CNRS, 1988, Maroc)

des techniques constructives et des lésions dans la perspective de l'approche constructive. OUTIL 4

Le regard d'un architecte/ingénieur du XXIe siècle sur l'architecture traditionnelle est, inévitablement, un regard d'aujourd'hui, avec les préoccupations d'aujourd'hui. Il ne faut pas oublier que l'idée même de patrimoine culturel est une construction culturelle de ces deux cents dernières années. De ce point de vue, la valeur et l'authenticité de l'architecture traditionnelle méditerranéenne, par sa propre diversité, ne peut pas être évaluée avec un critère fixe. Le nécessaire respect des cultures du bassin méditerranéen exige une compréhension de l'architecture dans sa tradition.

Au cours de l'inspection, on étudiera sans a priori les valeurs architecturales du bâtiment (l'intégration dans le lieu, la configuration spatiale, une structure singulière, un type d'ornementation, etc.) en tentant d'éviter les appréciations fragmentaires et en recherchant la logique unitaire de production de l'architecture.

Au cours de cette étape, il est recommandé de consulter les études déjà réalisées sur la typologie du bâtiment et, dans certains cas, d'effectuer des études des aspects singuliers du bâtiment. Dans cette même orientation, l'architecture traditionnelle se caractérise d'une manière tout à fait particulière par la superficie de ses parements (couleur, texture, irrégularités, etc. des façades et des intérieurs). Pour cette raison même, les études des couleurs et de la décoration appliquée seront d'une grande valeur. Ces études impliquent une participation pluridisciplinaire du fait que l'utilisation des couleurs ou des peintures qui sont appliquées exige une étude de base historico-artistique et à la fois constructive des techniques traditionnelles d'exécution.



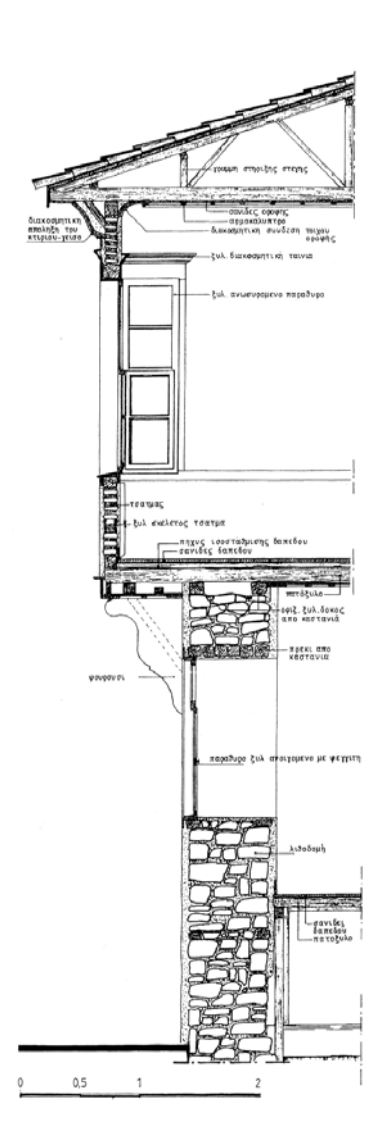
Pour reconnaître les transformations spatiales et constructives, l'analyse architecturale doit s'appuyer sur l'analyse historique qui permet d'identifier et de dater les influences stylistiques. (Bâtiment à Barcelone, Espagne – àqaba.documentació històrica)



Le bâtiment a en général une vie assez longue, et son image extérieure peut avoir changé plusieurs fois au cours de son histoire. Les études de couleur analysent les strates de peinture et/ou de stucs de la façade afin de comprendre sa décoration originale et son évolution. (Façade des Ramblas de Barcelone, Espagne)

On doit aussi être conscient du fait que, s'il est vrai que dans le monde préindustriel les changements sont lents, un bâtiment traditionnel croît et se modifie en fonction des besoins et des moyens de chaque époque. Par conséquent, il est souhaitable d'étudier les transformations architecturales du bâtiment en s'appuyant à nouveau sur l'étude historique pour comprendre sa configuration à un moment donné.

Au cours de cette étape, on devra consulter de manière détaillée le cadre légal et urbanistique du bâtiment. Dans le cas des immeubles catalogués, on étudiera les rapports effectués afin de comprendre pourquoi ils sont protégés partiellement ou totalement.



Avant d'évaluer la gravité des lésions du bâtiment, il est nécessaire de connaître en détail la manière dont il a été construit. (Thessalonique, Grèce, 1997 – Manos Anagnostidis, Maria Dousi, Olympia Hatzopoulou)

Domaine constructif OUTILS 5-6

Cette étape comprend la reconnaissance physico-constructive de tous les éléments du bâtiment ainsi que l'observation de ses lésions. Il faut signaler ici que la formation des architectes et des ingénieurs depuis le XIXe siècle privilégie l'étude de la construction par sous-systèmes (fondations, murs, planchers, enveloppe, etc.), mais que dans le cas de l'architecture traditionnelle le bâtiment se construisait comme un tout. Il est donc important de l'approcher dans la perspective de cette globalité. Pour cette raison même, cette étape requiert un architecte/ingénieur habitué aux modes de construction traditionnels de la région, disposant d'une solide formation scientifico-technique de la pathologie des bâtiments traditionnels.

L'approche des problèmes doit être la plus scientifique possible : détection des lésions, première hypothèse des causes qui en sont à l'origine et vérification de cette hypothèse. Pour ce faire, l'architecte/ingénieur sera assisté d'un ensemble d'experts (chimistes, géologues, biologistes, etc.) et de tests (in situ et en laboratoire) qui lui permettront d'identifier les matériaux, leurs altérations éventuelles, l'attaque des insectes xylophages, de faire le suivi des fissures, etc.

L'évaluation de la sécurité structurelle du bâtiment est particulièrement importante afin d'éviter les accidents. Cela implique la connaissance du sous-sol (grâce à l'étude géotechnique si nécessaire), l'analyse de la cohérence structurelle de l'ensemble et de la capacité de résistance de la structure. Cette évaluation est plus importante encore dans les zones sismiques où la vulnérabilité du bâtiment doit être étudiée avec soin. Ce chapitre est tout particulièrement source de conflits étant donné que les standards de sécurité structurelle sont pensés pour des constructions nouvelles en acier ou en béton armé, et qu'il est pratiquement impossible de les assimiler à la réalité traditionnelle. Le dilemme qui consiste à savoir si l'on doit « conserver » et « assurer » en même temps peut être nuancé par une connaissance du comportement structurel du bâtiment au cours de longues périodes de temps.

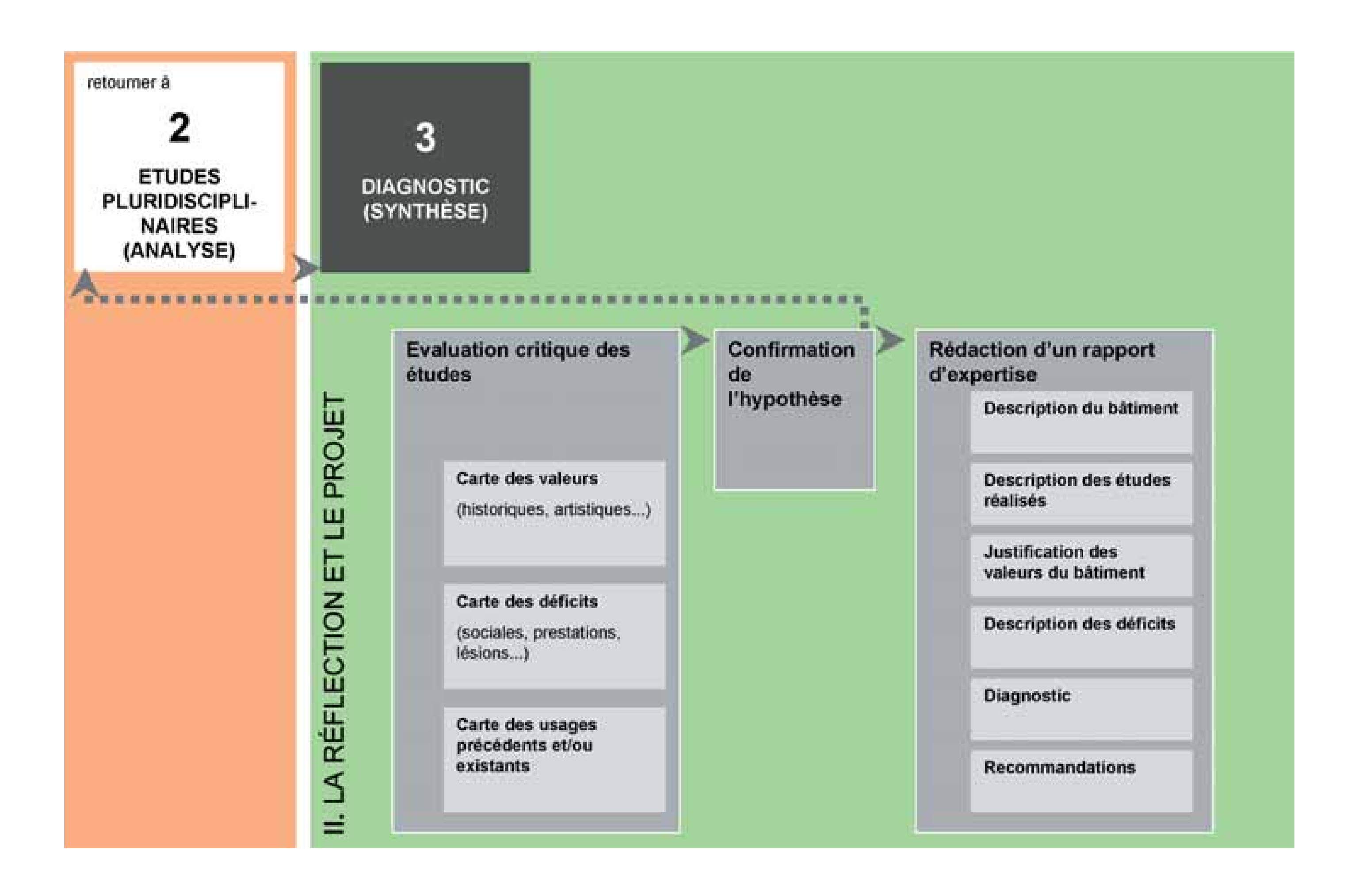
Au moment où l'on envisage une réhabilitation, il est recommandé d'introduire des critères de durabilité et de protection de l'environnement dans la réhabilitation du bâtiment. Ainsi, on analysera le cycle de l'eau, le cycle des résidus, les consommations énergétiques du bâtiment et l'on étudiera le confort en hiver et en été. Il existe dans la tradition constructive méditerranéenne une infinité de solutions bioclimatiques qui ne devraient pas être sous-estimées par méconnaissance au moment d'une intervention.

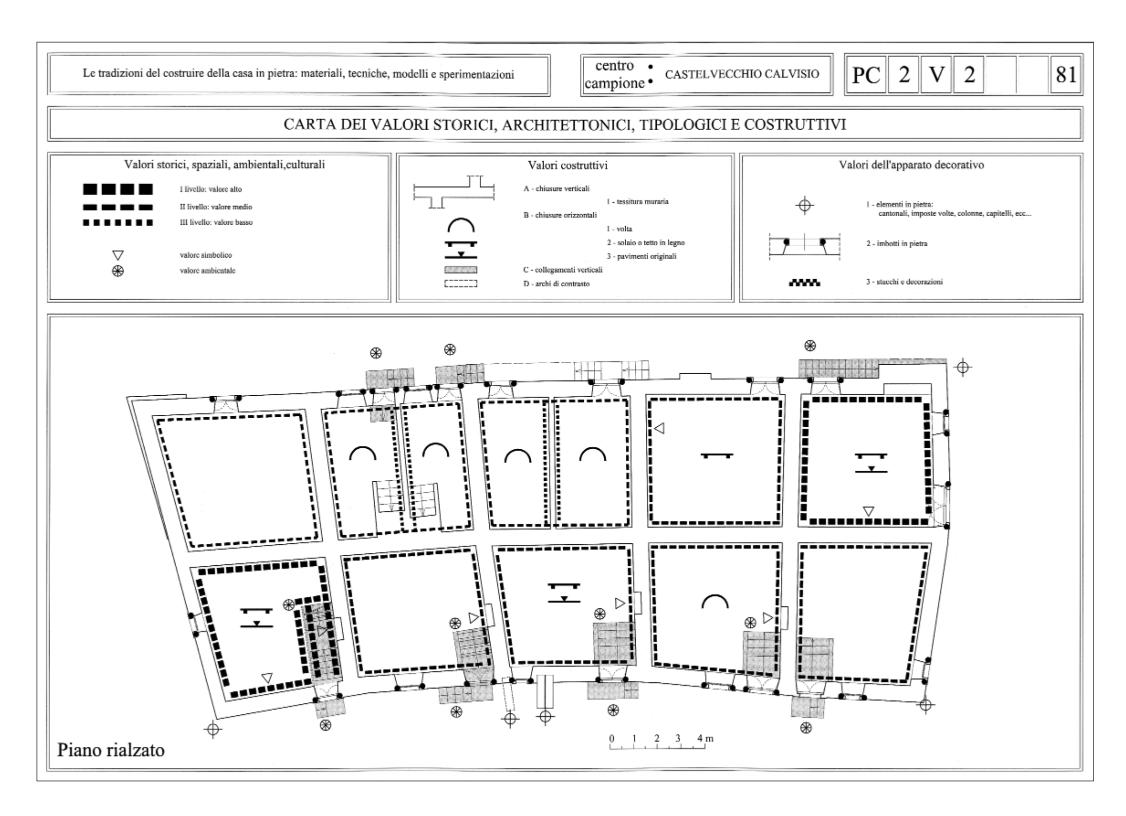
Au cours de cette phase, on ne doit pas oublier de vérifier la connectivité du bâtiment (état et position) avec les infrastructures de base (réseau d'assainissement, réseau d'eau potable, réseau d'électricité, réseau de téléphone, etc.) et prévoir ainsi dès le début les véritables possibilités de connexion qui, dans certains cas, peuvent impliquer des travaux inabordables.

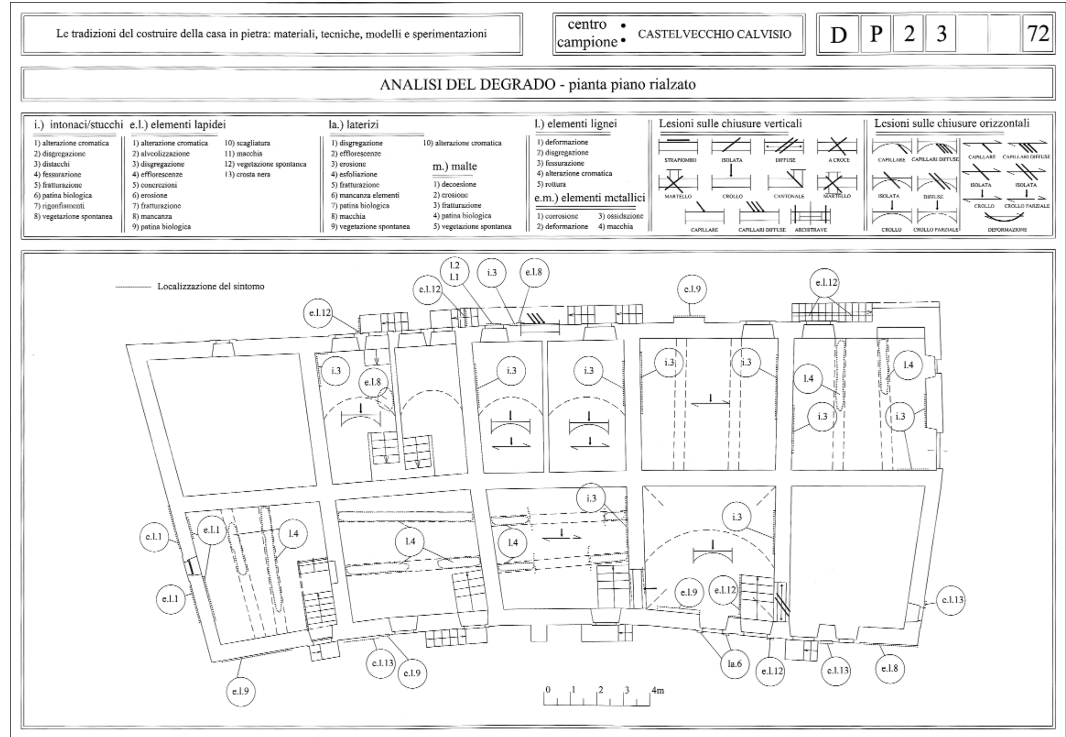
3 Diagnostic (synthèse)

Évaluation critique des études

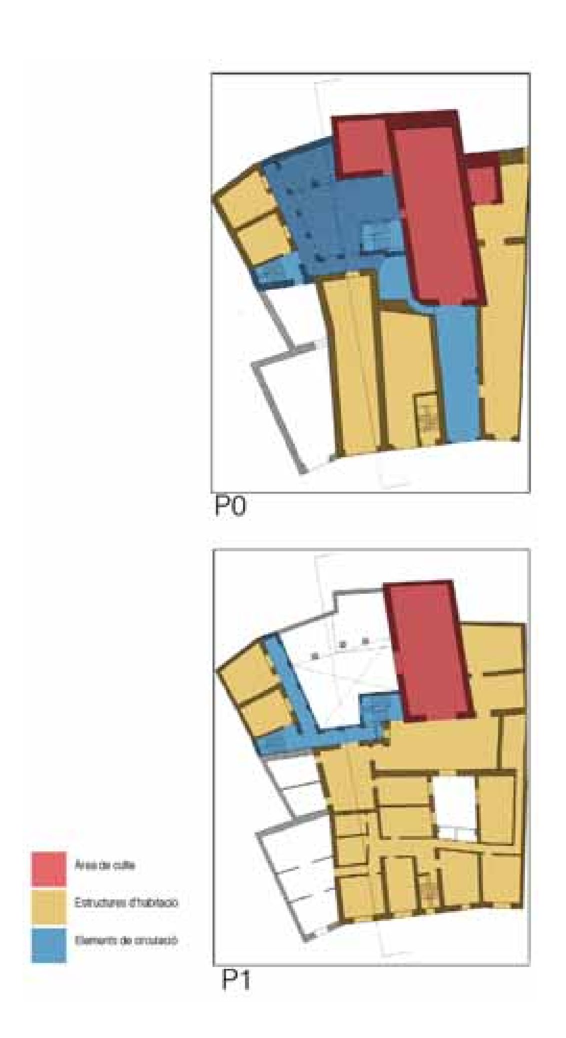
L'étape de diagnostic[6] implique un travail de synthèse et une réflexion critique qui sont fondés sur les études pluridisciplinaires ayant été réalisées au cours de l'étape antérieure. Pendant cette évaluation, on doit obtenir une unité de propositions qui évitera des résultats excessivement fragmentaires dus au matériel disponible.
Pour ordonner et fixer l'information, il est toujours nécessaire de la comparer pour l'appréhender ; par exemple, en la fixant graphiquement sur le relevé géométrique du bâtiment. Ainsi, de manière systématique (par étage, par élévation, en section) on pourra créer trois types de cartes : en premier lieu, une carte de valeurs sur laquelle on notera les valeurs spatiales, de couleur, historiques, artistiques de chaque partie ou de l'ensemble du bâtiment ; en deuxième lieu, une carte des déficits sur laquelle on notera la problématique sociale, les prestations du bâtiment ainsi que les lésions et les dégradations ; et en troisième lieu, une



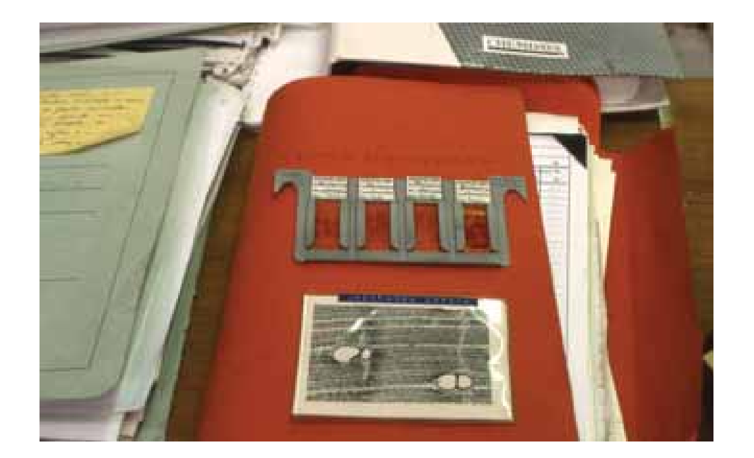




Au cours de la phase de diagnostic, on doit réunir toute l’information de manière ordonnée (plans des valeurs, plans des déficits, plans des usages précédents). L’équipe du professeur Luigi Zordan à l’Università degli Studi dell’Aquila (Italie) a élaboré un « guide raisonné » dans lequel sont proposés des exemples de la manière de représenter ces données afin de réaliser un diagnostic précis. (Luigi Zordan, Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni, 2002)



À côté, une carte des usages originaux d'un bâtiment après l'étude historique. (Ancien hôpital des Clercs de Sant Sever, Barcelone, Espagne – àqaba.documentació histórica)



À la fin de cette étape, on disposera d'un dossier sur l'état du bâtiment qui expliquera les causes de sa détérioration, de son abandon, etc. (Istituto de ricerca sul legno, Florence, Italie)

carte des usages précédents et/ou existants sur laquelle on montrera comment a été utilisé et comment est encore utilisé le bâtiment avant l'intervention.

Confirmation de l'hypothèse

Sur la base de cette première évaluation, il doit être possible d'avoir une vision globale du bâtiment et de confirmer les hypothèses envisagées au début des études pluridisciplinaires au travers des observations et des tests. Toutefois, il y a toujours la possibilité d'envisager de nouvelles hypothèses (les hypothèses initiales ne se sont pas confirmées, de nouvelles conditions ont vu le jour, etc.) et de revenir à la phase d'études pour les vérifier.

Rédaction d'un rapport d'expertise

À la fin de cette étape, il est à nouveau nécessaire de mettre par écrit le degré de connaissance du bâtiment qui a été atteint. On détaillera la composition du bâtiment, on décrira et on justifiera ses valeurs, on détaillera les déficits et leurs causes, et on fera des recommandations. La rédaction du rapport de diagnostic sera toujours basée sur la différenciation des problèmes et de leurs causes, avec un critère d'impartialité technique.

Ce document est un rapport comportant une opinion raisonnée qui doit être rédigé de telle manière qu'un autre technicien extérieur au processus puisse le comprendre ; en outre, il comprendra toujours une note de synthèse qui sera accessible à un lecteur non professionnel. Les conclusions devront être concises, claires et complètes. Cette note précisera les point forts ainsi que les points faibles afin de montrer le potentiel de réhabilitation du bâtiment existant.

4 Réflexion et cadre de décisions

Faisabilité

C'est à ce moment, lorsque l'on connaît parfaitement le bâtiment et ses usagers, que l'on verra si les idées du promoteur sont réalisables. Par conséquent, il s'agit d'entamer à nouveau avec le propriétaire un dialogue sur ses nécessités futures et sur ses possibilités économiques au regard du potentiel du bâtiment.

Pour commencer l'étude de faisabilité, on partira de trois études partielles : 1. Ce que l'on appelle la carte de transformabilité, qui ne fait rien d'autre que croiser l'information des cartes des valeurs, des déficits et des usages de l'étape antérieure pour montrer les parties du bâtiment qui seraient susceptibles de changements (éliminations, additions, réformes, etc.) et les parties qui devraient être conservées pour préserver sa valeur ; 2. Le programme des nouveaux usages, proposé par le client et déjà rationalisé (superficies, relations entre usages, etc.) par l'architecte/ingénieur ; et, 3. L'évaluation des conditions réglementaires liées aux paramètres urbanistiques et de catalogage des biens d'intérêt culturel.



Et, finalement, c'est le moment de reprendre les idées du promoteur et d'analyser leur faisabilité. (Réunion à la mairie de Selva del Camp, Espagne)

II. LA RÉFLEXION ET LE PROJET

4
RÉFLEXION ET CADRE DE DÉCISIONS

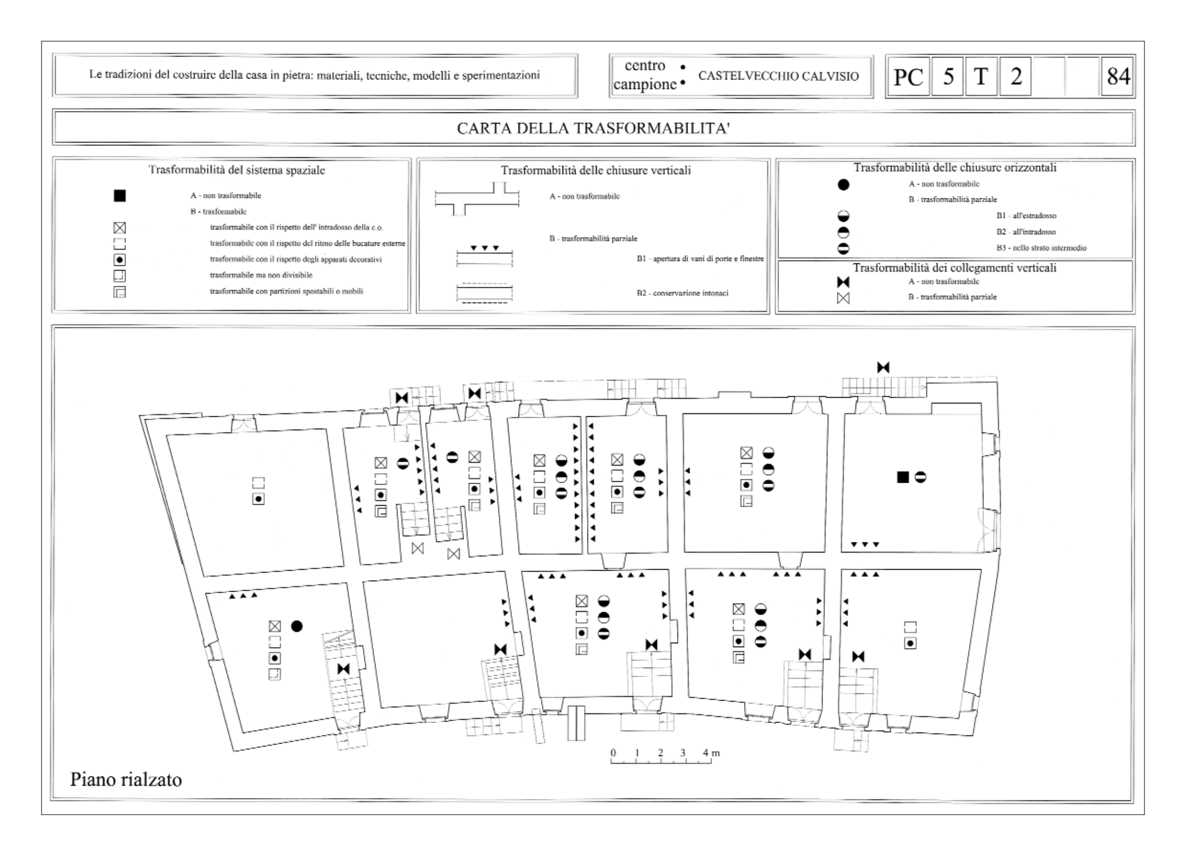
Faisabilité
Carte de transformabilité (valeurs + déficits + usages existants)
Programme des nouveaux usages
Évaluation des conditions réglementaires

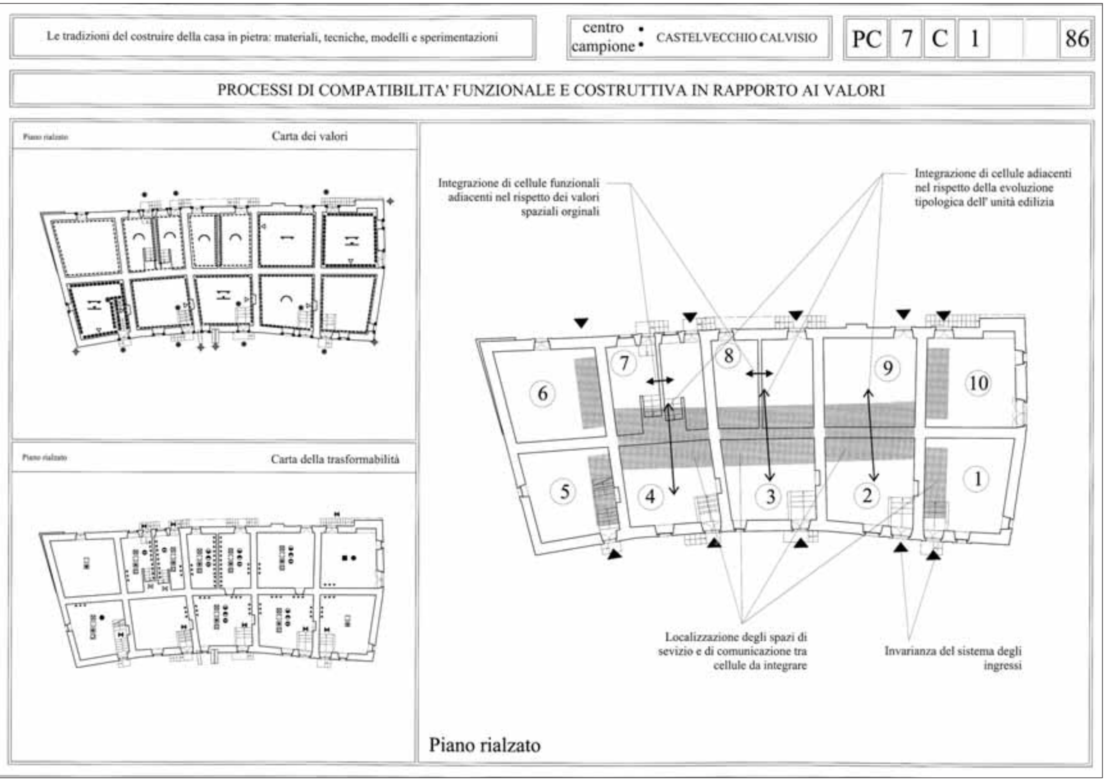
Confirmation des critères
Conservation maximal
Transformation maximal

Cadre de décisions
Programmer son entretien
Réhabiliter la façade et/ou la toiture
Améliorer l'habitabilité basique
Mesures performance énergétique et de confort
Mesures performance environnementale
Installations basiques et débits
Changement d'usage, ampliation
Consolidation structurale
Prévention au séisme
Prévention incendies
Réhabilitation intégrale

passer à
7
ENTRETIEN

passer à
5
PROJET





Deux autres exemples du guide du professeur Zordan montrent comment représenter graphiquement ce qu'il appelle la carte de transformabilité et le processus de compatibilité afin de pouvoir réfléchir sur l'intégration des nouveaux usages.







Trois exemples de bâtiments restaurés avec des critères différents. (Lefkara, Chypre / Thessalonique, Grèce / Damas, Syrie)

On accepte en général la continuité d'usage comme étant la meilleure protection de cette architecture ; toutefois, pour revitaliser cette architecture, on a recours en certaines occasions à un changement d'usage. Il faut signaler ici l'importance de proposer des changements d'usage sensés étant donné que certaines propositions peuvent impliquer la perte pratiquement totale des valeurs de l'architecture traditionnelle.

Confirmation des critères OUTIL 7

Comme nous l'avons déjà commenté auparavant, on ne pourra pas intervenir sur l'architecture traditionnelle méditerranéenne, du fait de sa diversité, avec un critère fixe.

Au cours de cette étape, l'architecte/ingénieur devra fixer les critères qui seront appliqués au projet (additions, éliminations, priorité donnée aux aspects d'habitabilité, réintégration des parties perdues, réversibilité des interventions à risques, consolidation des parties en ruine, etc.). D'emblée, on ne devra écarter aucune solution extrême : ni la conservation, ni la restauration. La Charte du Patrimoine bâti vernaculaire établit un premier cadre général[7] à prendre en compte.

Cadre de décisions

Après avoir confirmé les critères, on devra envisager la compatibilité du type d'intervention ; c'est-à-dire que l'on recherchera l'équilibre entre l'amélioration des conditions de vie des habitants, la sécurité de la structure, la sauvegarde des valeurs patrimoniales et les ressources économiques disponibles.

Et, finalement, on pourra prendre la décision d'agir[8] en choisissant en toute connaissance de cause le type de travail de réhabilitation (depuis la programmation d'un simple entretien jusqu'à la réhabilitation intégrale, en passant par la réalisation d'interventions partielles).

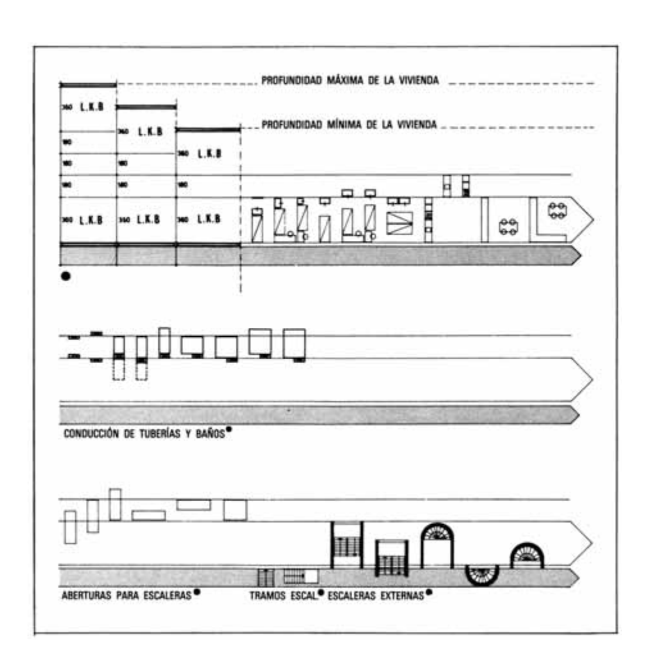
5 Projet

Avant-projet

L'avant-projet est une étape de profond dialogue avec le client sur ce qu'il doit être possible d'activer dans un processus participatif des habitants ou des usagers du bâtiment. Pendant son développement, on essaiera les diverses possibilités du projet qui permettront d'obtenir une meilleure adéquation entre les réformes proposées et le bâtiment existant, en appliquant les critères définis au cours de la phase antérieure. On apportera, dès le début, une attention toute particulière à l'accomplissement du cadre légal. Enfin, on parviendra à un accord conscient du promoteur en ce qui concerne l'intervention que développera le projet.

Projet OUTILS 8-9

Le projet détaille l'intervention avec un niveau suffisant pour pouvoir effectuer les démarches administratives, embaucher les entreprises de construction et exécuter les travaux sans déviations de coût. De la même manière, le projet d'exécution interprète les critères d'intervention et applique une série de paramètres techniques afin de matérialiser l'intervention.



Au cours de la phase de l'avant-projet, on étudie systématiquement les alternatives d'intégration du nouveau programme d'usages dans le bâtiment à réhabiliter.
Il existe diverses méthodes telles que celle de J. N. Habraken qui étudie la flexibilité des espaces à partir de ce qu'il appelle la théorie des supports, qui a d'ailleurs été utilisée dans certaines réhabilitations européennes. (J. N. Habraken, Denken in Varianten, het methodisch ontwerpen van dragers, 1974)

II. LA RÉFLEXION ET LE PROJET

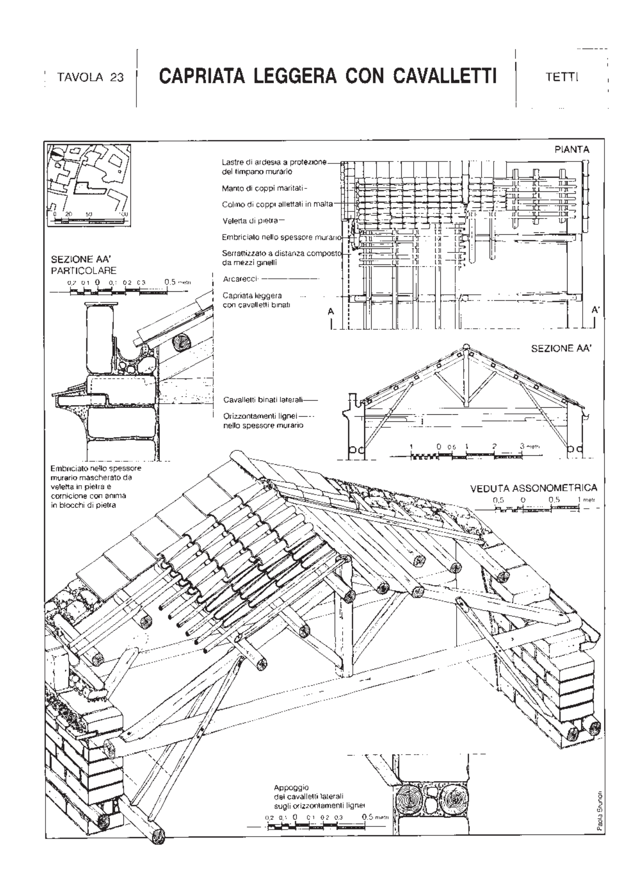
5
PROJET

Avant-projet
- Evaluation des alternatives
- Incorporation idées du processus participatif
- Acceptation du projet pour la part du propriétaire

Projet

Paramètres techniques
- Connaissance de la construction locale
- Visibilité de l'intervention
- Compatibilité des technologies utilisables
- Intégration des installations modernes
- Durabilité
- Maintenabilité

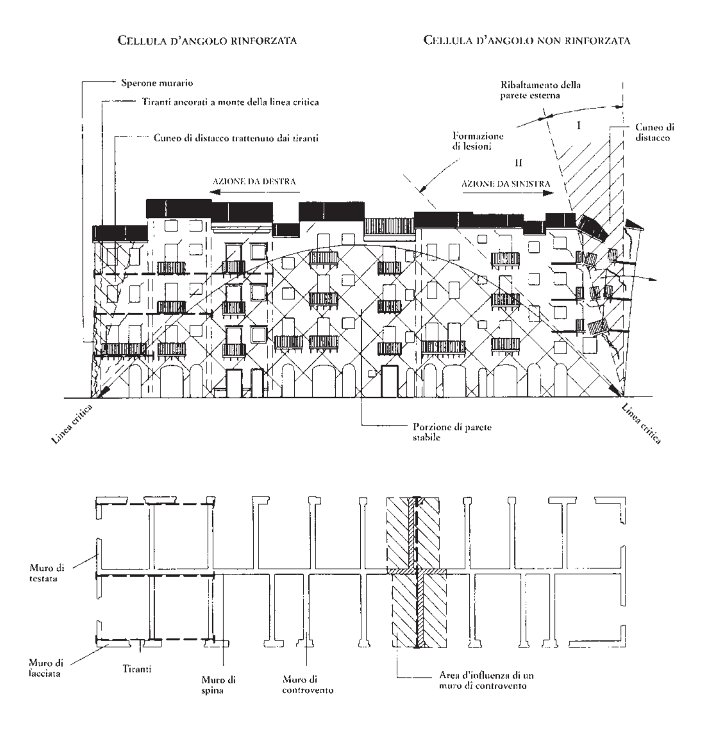
Documentation
- Plans détaillés
- Détails constructifs
- Mesures
- Devis
- Cahier des charges
- Mesures de sécurité dans le travail



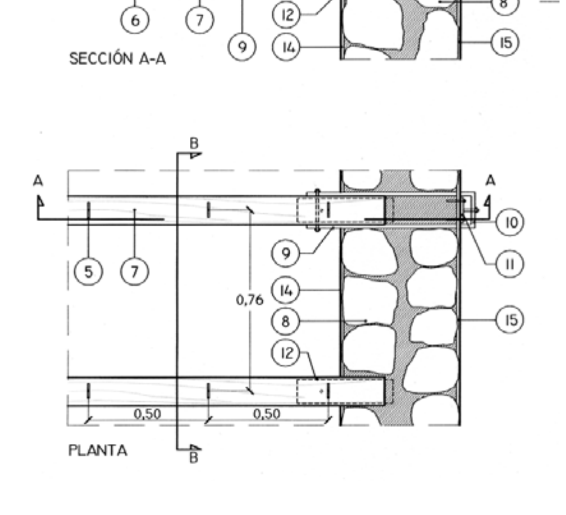
En règle générale, l'intervention thérapeutique des problèmes du bâtiment doit être destinée à leurs causes et pas seulement à leurs symptômes.

Le choix d'une technique traditionnelle ou moderne dépendra aussi du type de constructeur que l'on pourra engager. Par conséquent, c'est le moment de détecter si les techniques traditionnelles sont encore vivantes dans la construction locale et s'il y a des possibilités de les récupérer pour effectuer la réhabilitation.

Il faut remarquer à ce point l'une des tendances de la théorie de la restauration qui peut être adaptée de manière intéressante, pensons-nous, à la réhabilitation de l'architecture traditionnelle. Cette tendance part de l'idée qu'il est indispensable de connaître les techniques traditionnelles pour pouvoir intervenir de manière responsable dans cette architecture. Dans cette ligne, on trouve les travaux des Compagnons du Devoir en France, les études sur la Carpintería de lo blanco d'Enrique Nuere en Espagne et tout particulièrement les travaux de Paolo Marconi en Italie, qui a su transférer ce savoir pratique au travers du Manuale del Recupero. Ces manuels documentent la tradition constructive locale (en général d'une municipalité ou d'une région homogène) et présentent au professionnel des modes d'intervention traditionnelle. De la même manière, un pas de plus a aussi été fait



Pour la réalisation du projet, il est nécessaire de consulter les publications existantes sur la construction locale. (Paolo Marconi, Manuale del Recupero del Centro Storico di Palermo, 1997 / Antonino Giuffrè et Caterina Carocci, Codice di Pratica per la Sicurezza e la Conservazione del Centro Storico di Palermo, 1999)



Le projet définit à l'échelle adéquate et avec suffisamment de détails les interventions de consolidation et de renforcement du bâtiment. (Renforcement du plancher de bois de la Masia can Plantada, Espagne - Cristina Gonzalo Diego)

en Italie avec ce que l'on appelle le Codice di Pratica qui introduit des méthodes d'analyse et d'intervention de l'architecture traditionnelle (consolidation structurelle, protection contre les séismes, etc.) en essayant de rendre compatibles la construction traditionnelle et les techniques les plus modernes. Ainsi, au cours de cette phase, on consultera ces documents chaque fois que cela sera possible, et au moment de projeter on suivra leurs conseils.

Précisément, ces documents ont ouvert le débat italien sur l'utilisation des techniques modernes de renforcement et de consolidation dans les structures anciennes. Pendant la rédaction du projet, on étudiera l'impact de chacune des techniques appliquées, leur compatibilité avec le bâtiment existant ainsi que la visibilité finale de l'intervention.

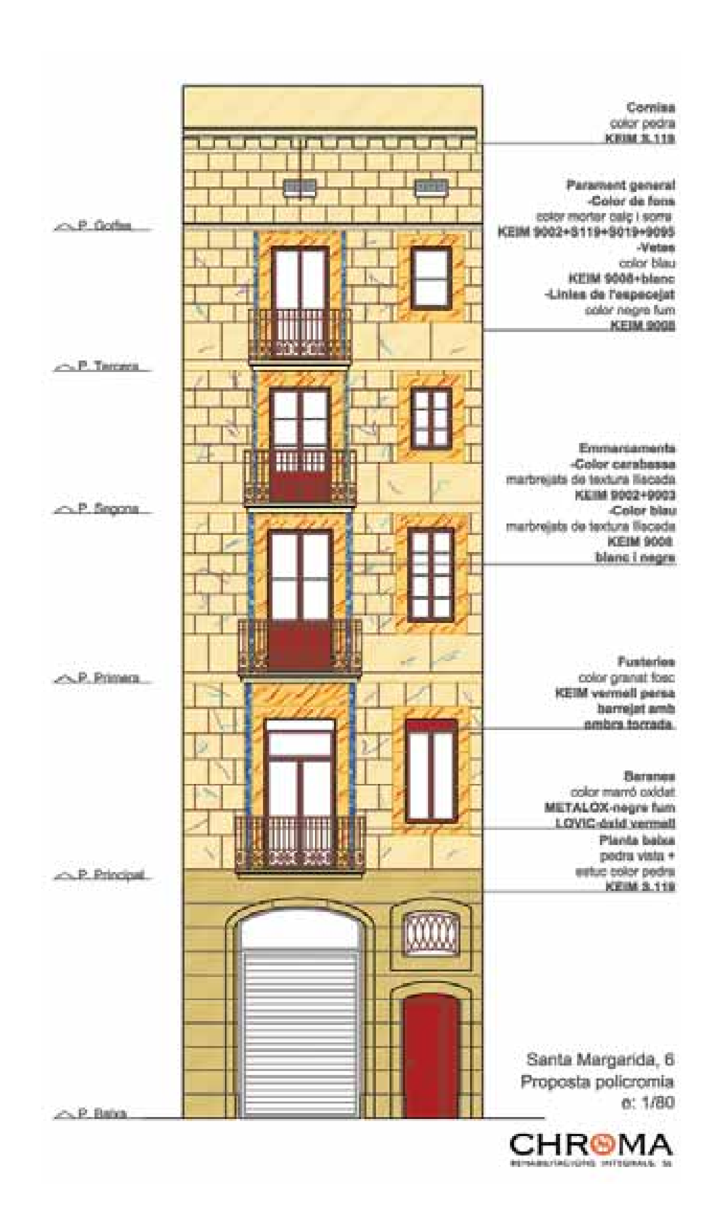
D'autre part, on aura la même préoccupation au moment d'intégrer les installations modernes dans le bâtiment. Dès la commande de l'installation on devra prendre des mesures pour qu'elle puisse être intégrée sans dénaturer les façades ni les intérieurs, en proposant par exemple des tracés suivant un certain ordre.

Le projet devra aussi incorporer les paramètres de durabilité qui seront raisonnables à l'échelle de l'intervention (mesures d'économie de l'eau, mesures d'économie énergétique, introduction des énergies renouvelables, introduction de facilités pour la gestion correcte des résidus domestiques, etc.).

Parallèlement, dans chacune des décisions du projet, on étudiera ce que l'on appelle la maintenabilité des solutions constructives, c'est-à-dire que tout élément devrait être accessible pour son entretien postérieur de manière facile et en toute sécurité. Le contre-exemple le plus fréquent est cette fenêtre dont il est pratiquement impossible de nettoyer les vitres.

Certaines municipalités disposent d'un répertoire des couleurs traditionnelles, qui doit être pris en compte au moment de la rédaction du projet. (Mairie de L'Escala, Espagne)

Le projet doit être détaillé mais ouvert aux modifications qui pourraient se justifier du fait des découvertes de dernière minute au cours des travaux. Il comprendra la documentation suivante : définition géométrique de la proposition avec cotes (étages, sections et élévations), plans de structure, plans des finitions, plans des installations, cahier technique, mesures, devis, cahier des charges et mesures d'hygiène et de sécurité.

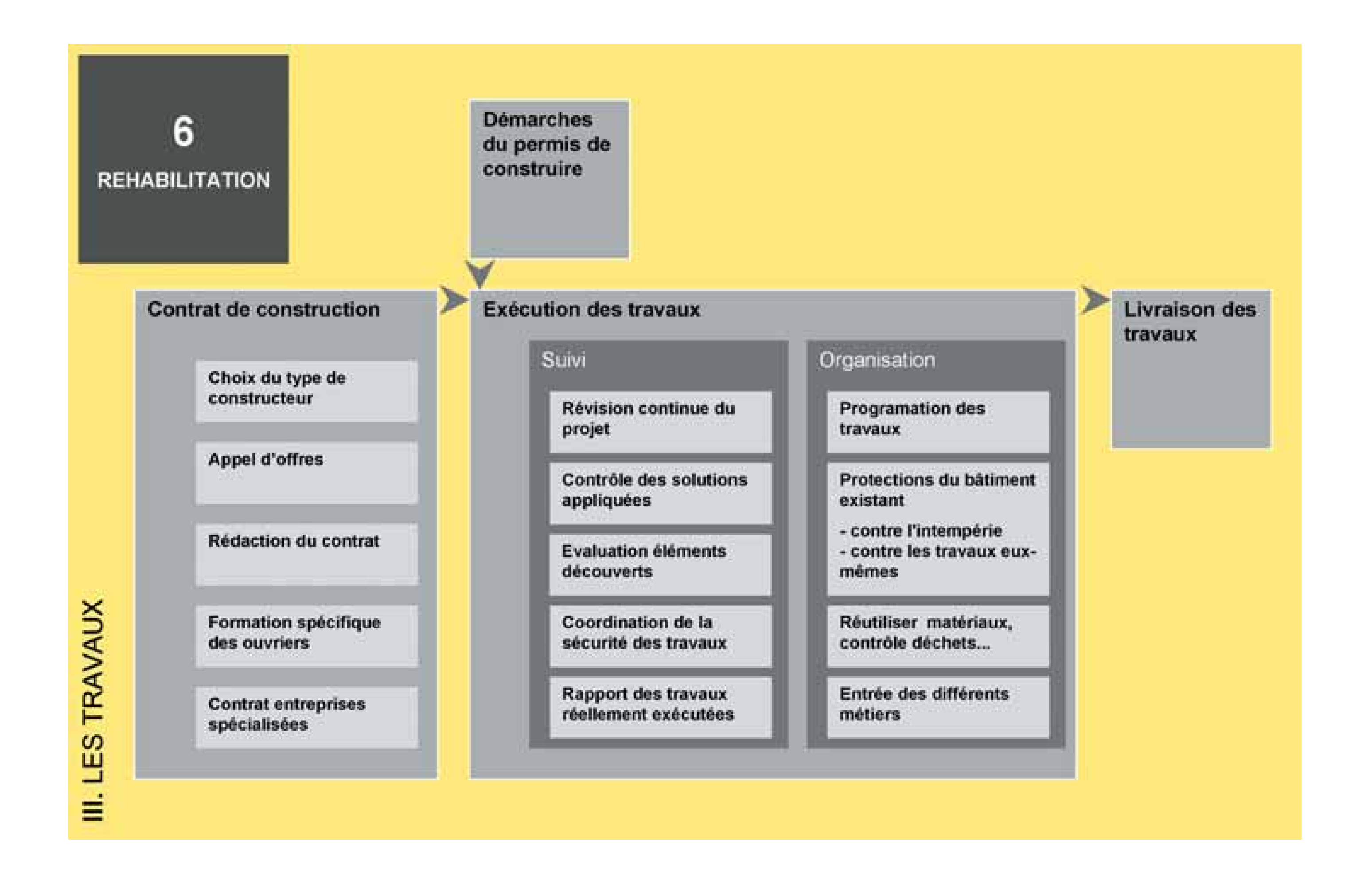


Dans les récupérations de façades, on définit la couleur mais aussi le type de produit chimique qui sera utilisé, sa manière de l'appliquer ainsi que la manière dont on contrôlera la qualité de l'application. (Façade à Barcelone, Espagne - Chroma Rehabilitacions Integrals, SL)

6 Réhabilitation

Contrat de construction

Pour garantir une réhabilitation correcte, le choix du type de constructeur est très important. Dans certaines régions il est encore possible de trouver un constructeur qui connaît et qui pratique les techniques traditionnelles de construction, mais ceux-ci sont malheureusement en voie de disparition rapide. Dans certaines réhabilitations, peut-être sera-t-il possible de former le constructeur à une technique particulière, mais dans la majorité des cas on devra renoncer à la récupération de certaines techniques du fait de leur coût économique. Dans le cas où l'on aurait recours à un type d'entreprise de construction peu spécialisée, on devra surveiller la manière de réaliser le contrat, de telle manière que l'on puisse contrôler les matériaux et les techniques. Le type de contrat garantira la qualité du travail et le professionnalisme du constructeur. D'autre part, certains travaux de nettoyage de parements délicats ou d'œuvres artistiques



exigent l'embauche temporaire de professionnels de la restauration avec leurs méthodes et leurs techniques spécifiques.

Démarches du permis de construire

Dans la programmation de la réhabilitation, on doit tenir compte des délais d'attente qui sont nécessaires pour obtenir les permis de construire de la part des autorités compétentes. Dans les cas des dossiers des bâtiments catalogués, les délais d'attente peuvent être plus importants encore. On doit aussi prévoir l'hypothèse selon laquelle le rapport serait défavorable et que l'on doive alors revenir à la phase de projet.

Exécution des travaux OUTIL 10

La direction des travaux d'un bâtiment traditionnel exige avant tout une certaine flexibilité et un certain temps. Les imprévus surgissent souvent au fur et à mesure des travaux et il est difficile d'appliquer uniquement ce qui est indiqué dans le projet.

Par conséquent, dans la phase de suivi des travaux, la révision continue du projet sera possible, de même que la réinterprétation du bâtiment à la lumière des nouvelles découvertes. Dans certains cas, leur nécessaire respect pourra même obliger à modifier le projet initial.

Il faut en outre signaler que le projet aura peut-être décrit des solutions constructives de renfort, de consolidation ou de rénovation d'un élément. Pendant les travaux, il sera alors nécessaire de mettre en place un mécanisme permettant de vérifier le caractère idoine de la solution constructive et son fonctionnement correct.

D'autres aspects importants à prendre en compte sont les modifications du projet initial, le contrôle économique, le contrôle de l'efficacité des solutions de renfort et la coordination de la sécurité des travaux.

Pendant les travaux, on devra avoir établi un certain type de mécanisme permettant de disposer, une fois parvenus à la fin, d'un rapport des travaux réellement exécutés, c'est-à-dire un ensemble de plans qui reflètent non pas tant ce qui aura été projeté mais surtout ce qui aura été effectivement réalisé. Ce document est indispensable pour documenter les travaux conformément à la Charte de Venise mais aussi pour faciliter l'organisation d'un programme d'entretien (voir étape 7).

De la même manière, il existe un ensemble d'aspects relatifs à l'organisation des travaux qui doivent être pris en compte et qui vont de la programmation des travaux à la planification de l'entrée des différents métiers, à l'étude de l'accessibilité au chantier (n'oublions pas que de nombreux chantiers se trouvent dans des rues étroites de noyaux historiques, par exemple), au travail à l'intérieur avec de petites machines (faibles hauteurs, passages étroits, etc.), à prévoir la protection de certains éléments du bâtiment à réhabiliter contre les intempéries ou contre les travaux de réhabilitation eux-mêmes, à éviter l'accumulation de opérateurs, etc.

D'autre part, on pourra difficilement parler d'opérations de démolition dans une réhabilitation mais plutôt de déconstruction ou de démontage. Dès le début des travaux, on marquera les éléments qui devront être démontés parce qu'ils seront réutilisés (nécessités d'approvisionnement en tuiles, en poutres de bois, etc.) et l'on devra prévoir les mesures pour une gestion correcte des résidus des travaux. Le directeur des travaux devra être attentif au cours de ces moments de démontage et prendre les mesures de sécurité nécessaires pour éviter les accidents qui pourraient être dus aux déséquilibres partiels du bâtiment ou à l'apparition de matériaux ou de produits dangereux pour la santé (plaques d'amiante-ciment, isolants d'amiante, transformateurs électriques avec des PCB, etc.).

Livraison des travaux

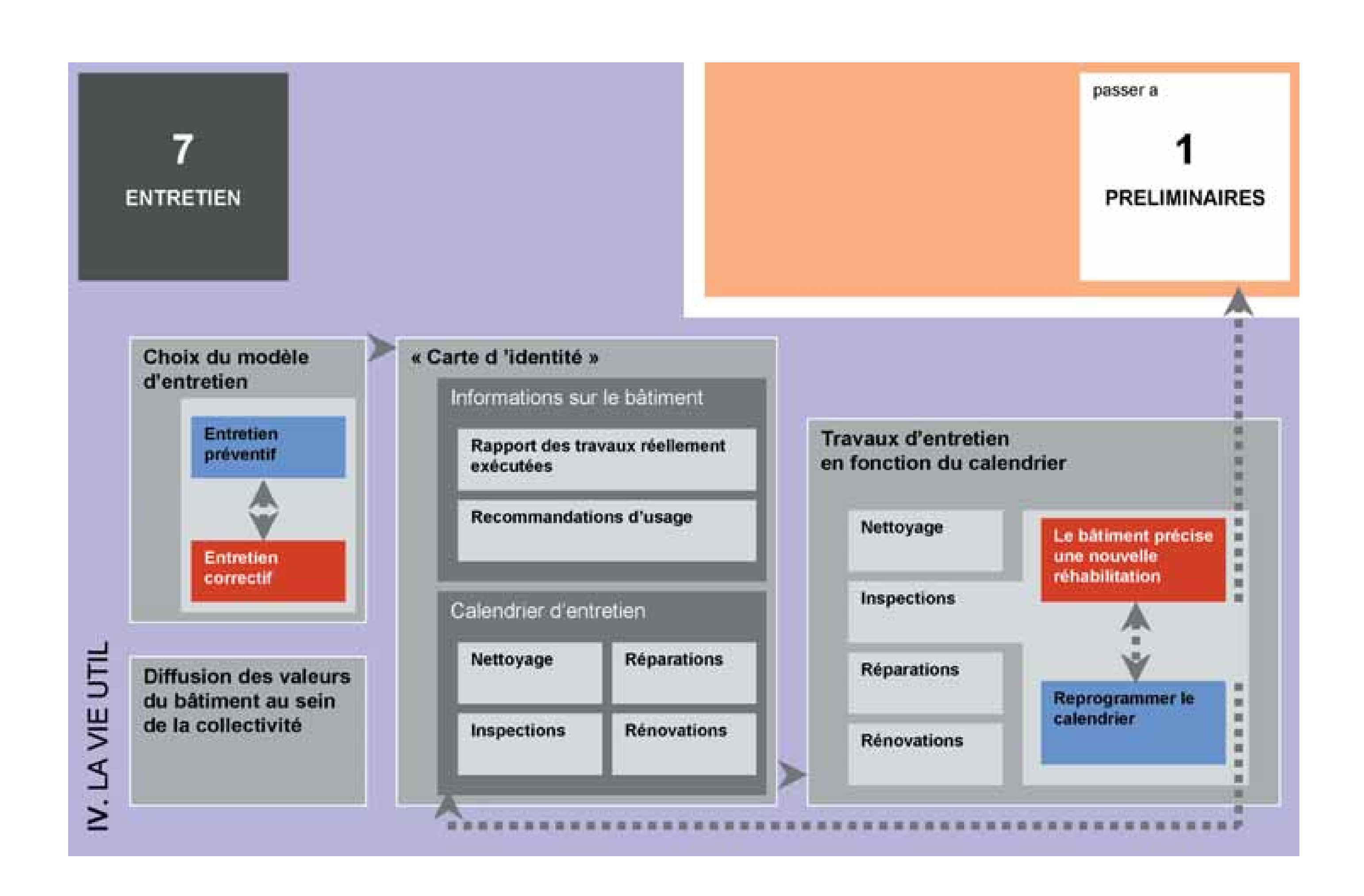
À la fin des travaux, on effectuera les démarches légales pour les terminer et, dans certains cas, pour pouvoir accéder aux subventions économiques. Il est important de profiter de cette étape pour analyser la gestion, la construction et l'adéquation du projet à l'usage prévu. S'il est vrai qu'à ce moment il est encore possible de corriger certains aspects, il faut signaler que cette étape de rétro-alimentation (feed-back) doit servir aussi pour améliorer la phase de projet de commandes postérieures, c'est-à-dire que l'on ne doit pas négliger l'opportunité d'apprendre des erreurs commises.

Quand on organise les travaux, il est utile de disposer d'un tableau avec les plans principaux, pour avoir toujours une vision globale du processus et pouvoir anticiper les problèmes. (Beit Baluk, Damas, Syrie)

7 Entretien

Comme nous l'avons commenté à plusieurs reprises, l'architecture traditionnelle est extrêmement vulnérable. La tradition avait assumé la coutume de la conserver en suivant le rythme des saisons de l'année (le badigeonnage durant les fêtes de printemps, la vérification des tuiles après un fort coup de vent, etc.), mais les changements socioculturels du monde contemporain (la culture du utiliser et jeter) ont accentué l'abandon de cette architecture.
Si l'on est parvenu à la nécessité d'une réhabilitation, cela a été en partie à cause de cet abandon. Et si l'on fait l'effort de réhabiliter cette architecture, il faut profiter de l'occasion et promouvoir son entretien, parce qu'à partir du jour même de la fin de la réhabilitation le bâtiment recommence à vieillir.

Diffusion des valeurs du bâtiment au sein de la collectivité
La fracture du monde traditionnel et l'homogénéisation culturelle ont entraîné le mépris de nombre de ces architectures comme symbole de misère, de retard de la population. Une fois terminés les travaux de réhabilitation, ce doit être une priorité de travailler





Il est intéressant de renforcer l'intérêt apporté aux maisons réhabilitées au travers d'initiatives publiques mettant en valeur ce patrimoine. (Prix décerné à la rue la plus blanche de la ville, 1987, Serpa, Portugal)



L'entretien allonge la durée de vie utile des bâtiments et retarde leur vieillissement. (Le Caire, Égypte)

pour que la collectivité reconnaisse ses valeurs et participe à sa réhabilitation. Chaque cas sera différent mais il est toujours important de promouvoir une certaine activité de sensibilisation qui montre la valeur du travail fait (une petite cérémonie pour présenter le développement des travaux, la publication d'une série de photos de l'avant et de l'après de la réhabilitation, la publication d'un reportage sur les travaux dans la presse locale, etc.).

Choix du modèle d'entretien

En guise de première définition, l'entretien d'un bâtiment est un ensemble de travaux périodiques qui sont réalisés et qui ont pour objectif de le conserver pendant sa période de vie utile dans des conditions adéquates pour couvrir les besoins prévus. Habituellement, on associe l'entretien à l'idée de réparation des éléments endommagés, c'est ce que nous appelons l'entretien correctif ; mais ce qui est proposé dans la méthode RehabiMed, c'est de penser en termes d'entretien planifié et préventif.

La planification implique la préparation d'un calendrier des opérations d'entretien, et la prévention signifie la réalisation des opérations d'entretien avant que l'élément constructif ne se détériore.

« Carte d'identité » OUTIL 11

Pour systématiser cette manière de réaliser l'entretien, nous proposons de doter le bâtiment d'une « Carte d'identité » ; il s'agit d'un document qui recueillera toute l'information qui existe sur le bâtiment et qui, en même temps, disposera d'un calendrier programmant les opérations d'entretien. Cette carte sera délivrée au propriétaire (dans certains cas à tous les locataires) afin qu'il suive ses recommandations. Le plus fréquent est que l'architecte/ingénieur qui a terminé les travaux et connaît parfaitement le bâtiment prépare l'information sur le bâtiment ainsi que le calendrier des opérations d'entretien. L'information sur le bâtiment se composera du dossier des travaux réellement exécutés (voir étape antérieure) et de quelques recommandations d'usage concernant le bâtiment. D'autre part, le calendrier programmera, par exemple à dix ans, les opérations d'entretien (nettoyages, inspections, réparations et rénovations). Le calendrier devra aussi indiquer qui réalisera ces opérations (l'usager lui-même, le maçon de confiance, un installateur, une entreprise spécialisée ou encore l'architecte/ingénieur). D'autre part, dans ce type de fiches, on notera en général les opérations d'entretien qui auront été effectuées, les incidents qui se seront produits, les réformes qui auront été réalisées, de telle manière qu'à mesure que passent les années, ces indications constitueront une véritable histoire clinique du bâtiment. La « Carte d'identité », cette sorte de fiche clinique avec toute l'histoire du bâtiment, donnera aussi à long terme une information inestimable pour la conservation et les prochaines interventions sur le bâtiment.

Travaux d'entretien en fonction du calendrier

L'entretien est primordial mais il doit être effectué en toute sécurité pour ceux qui en sont chargés. On ne devrait pas programmer dans le calendrier des opérations difficiles à effectuer si l'on ne prévoit pas les mesures de prévention indispensables. (Venise, Italie) Parmi les opérations programmées du calendrier se trouveront un ensemble d'inspections périodiques d'un architecte/ingénieur pour évaluer la sécurité du bâtiment (par exemple, en ce qui concerne des éboulements de façades, des risques de fuites de gaz, des déformations de structure) et reprogrammer le calendrier. Dans certains cas, on pourra ainsi détecter à temps des problèmes graves et proposer le redémarrage de tout le processus —1. Préliminaires—.

De cette manière, l'architecte/ingénieur se convertira, à l'instar du médecin de famille, en « technicien de famille » qui aura le bâtiment parmi ses « clients », avec son histoire clinique, afin d'obtenir une durabilité à long terme de ce qui est, maintenant, une opération de réhabilitation complète.

---

[1] Guider : aller devant en montrant le chemin.

[2] LYNCH, Kevin, What time is this place? (1972).

[3] Analyse : distinction et séparation des parties d'un tout jusqu'à parvenir à connaître ses principes et ses éléments.

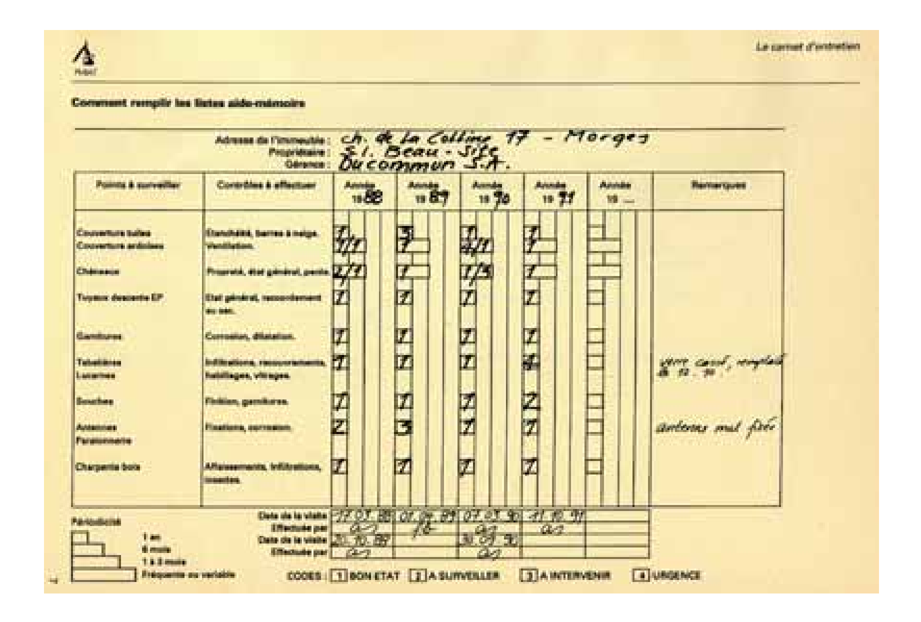
[4] Synthèse : composition d'un tout par la réunion des parties.

[5] Hypothèse : ce qui est établi provisoirement comme base d'une recherche qui peut en confirmer ou en infirmer la validité.

[6] Diagnostic : acte de connaître la nature d'une maladie par l'observation de ses symptômes et de ses signes.

[7] Orientations pratiques de la Charte ICOMOS du Patrimoine bâti vernaculaire (1999), ratifiée par la 12e Assemblée générale d'ICOMOS, au Mexique, en octobre 1999 :
1. Recherche et documentation
Toute intervention physique sur une structure vernaculaire devrait être menée avec prudence et précédée d'une analyse complète de sa forme et de sa structure. Ce document devrait être conservé dans des archives accessibles au public.
2. Emplacement, paysage et groupes de bâtiments
Les interventions sur les structures vernaculaires devraient être menées dans le respect et le maintien de l'intégrité de l'emplacement, de la relation avec les paysages physiques et culturels et de l'agencement d'une structure par rapport aux autres.
3. Systèmes de construction traditionnels
Le maintien des systèmes de construction traditionnels et du savoir-faire lié au patrimoine vernaculaire est capital pour l'architecture vernaculaire et essentiel pour la réfection et la restauration de ces structures. C'est par l'éducation et la formation que ce savoir-faire devrait être conservé, enregistré et transmis aux nouvelles générations d'artisans et de bâtisseurs.
4. Remplacement des matériaux et des éléments architecturaux
Les transformations qui satisfont légitimement aux exigences modernes devraient être réalisées avec des matériaux qui assurent la cohérence de l'expression, de l'aspect, de la texture et de la forme de l'ensemble de la construction et la cohésion des différents matériaux entre eux.
5. Adaptation
L'adaptation et la réutilisation des constructions vernaculaires devraient être effectuées dans le respect de l'intégrité de la structure, de son caractère et de sa forme tout en étant compatibles avec des standards de vie acceptables. La pérennité des modes de construction vernaculaire peut être assurée par l'élaboration par la collectivité d'un code d'éthique qui peut servir aux interventions.
6. Changements et restauration d'époque
Les modifications apportées dans le temps aux bâtiments doivent être appréciées et comprises comme des éléments importants de l'architecture vernaculaire. La conformité de tous les éléments d'un bâtiment à une même période ne sera pas, en général, l'objectif des interventions sur les structures vernaculaires.

[8] Nous rappelons comment la procédure habituelle que nous critiquions au début du guide aurait commencé justement après cette quatrième étape.



Le carnet d'entretien

Comment remplir les listes aide-mémoire

Adresse de l'immeuble : ch. de la Colline 17 - Morges
Propriétaire : S.I. Beau-Site
Gérance : Ducommun S.A.

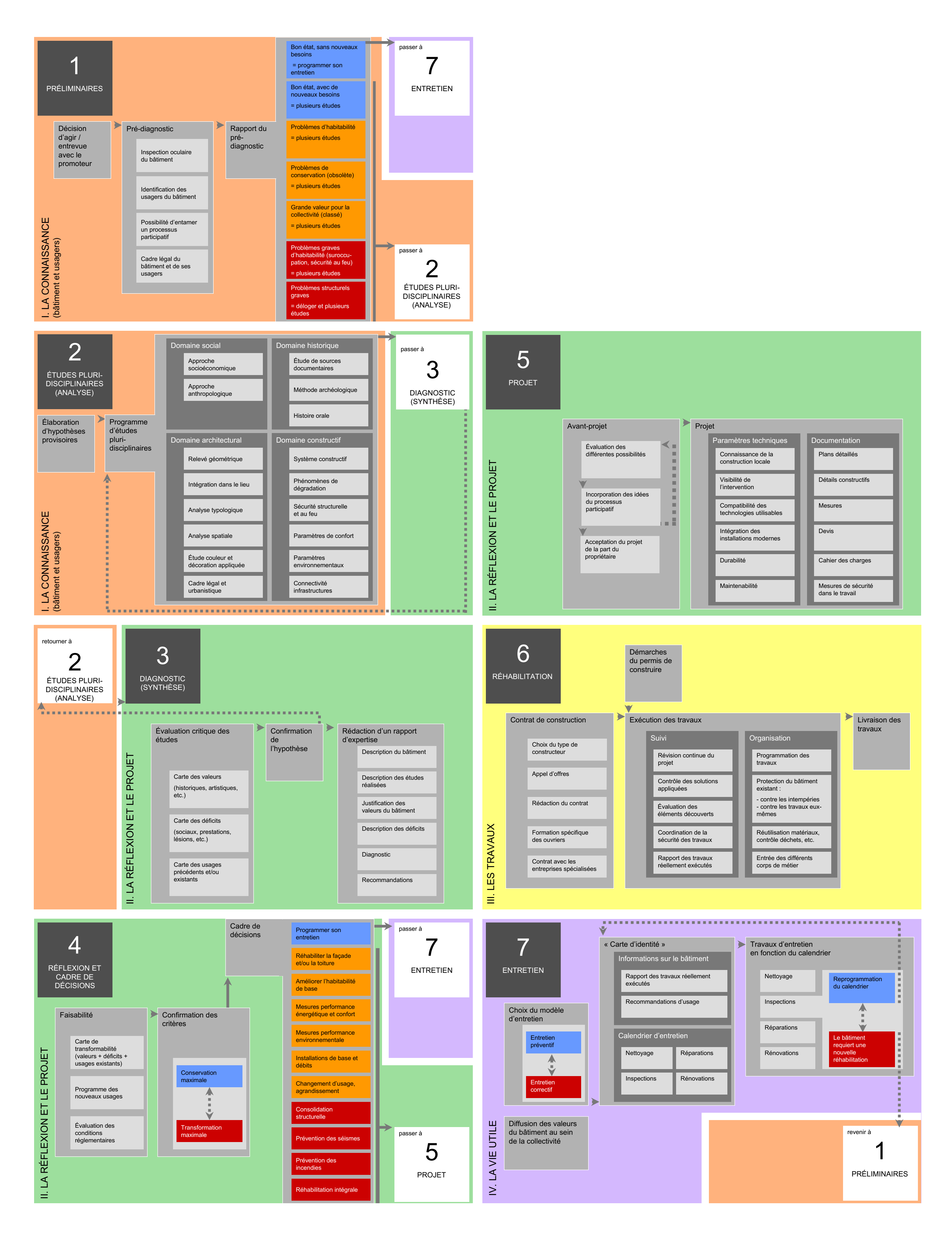
Points à surveiller	Contrôles à effectuer	Année 1988	Année 1989	Année 1990	Année 1991	Année 19..	Remarques
Couverture tuiles / Couverture ardoises	Étanchéité, barres à neige. Ventilation.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
Chéneaux	Propreté, état général, pente.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
Tuyaux descente EP	État général, raccordement au sac.	1	1	1	1		
Garnitures	Corrosion, dilatation.	1	1	1	1		
Tabatières / Lucarnes	Infiltrations, raccordements, habillages, vitrages.	1	1	1	[illegible]		[illegible]
Souches	Finition, garnitures.	1	1	1	2		
Antennes / Paratonnerre	Fixations, corrosion.	2	3	1	1		antennes mal fixées
Charpente bois	Affaissements, infiltrations, insectes.	1	1	1	1		

Périodicité : 1 an ; 6 mois ; 1 à 3 mois ; Fréquente ou variable

Date de la visite / Effectuée par / Date de la visite / Effectuée par

CODES : 1 BON ETAT 2 A SURVEILLER 3 A INTERVENIR 4 URGENCE

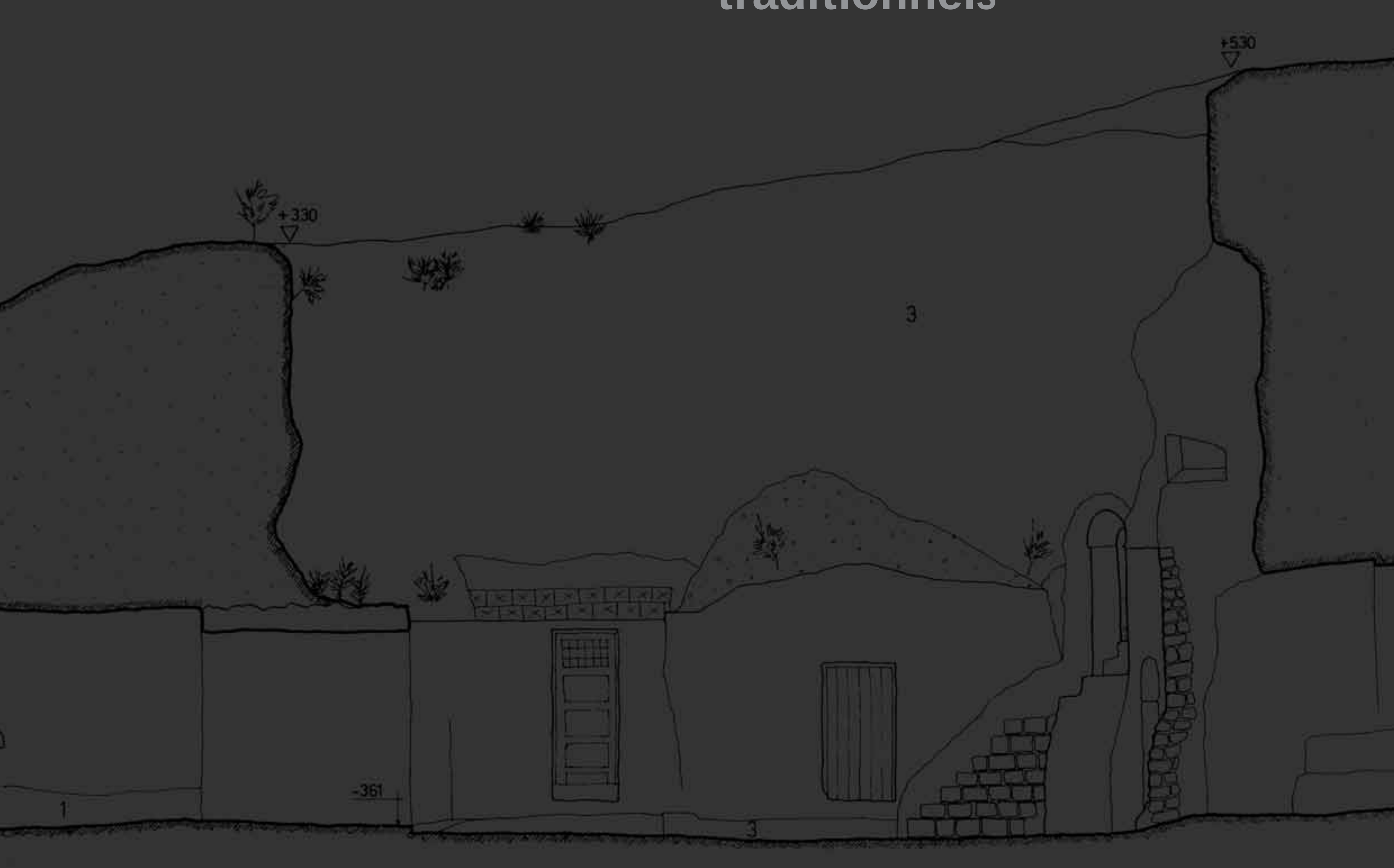
Le calendrier d'entretien programme les opérations d'entretien au cours de l'année et indique le professionnel qui doit les effectuer. (Carnet d'entretien, PI-BAT, 1991, Suisse)

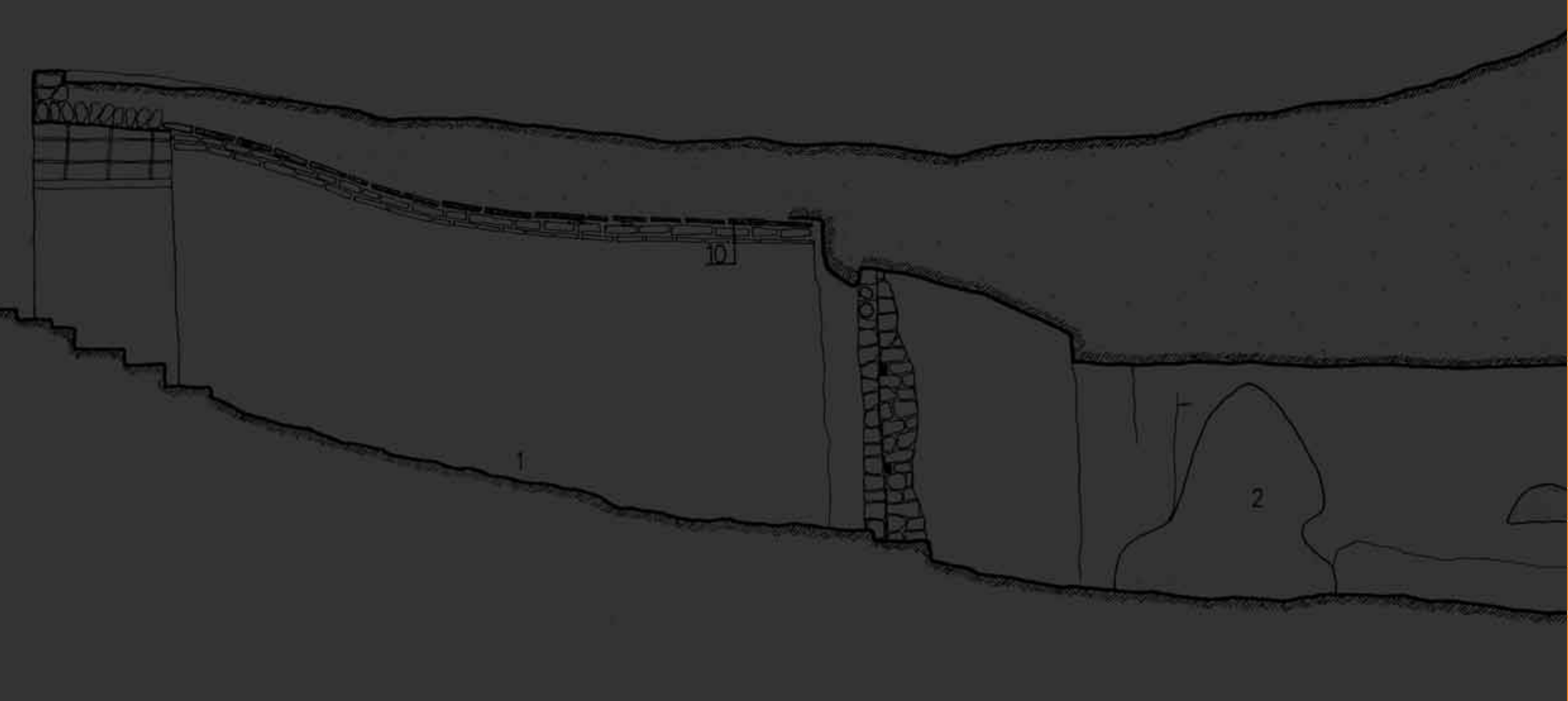

1
PRÉLIMINAIRES
I. LA CONNAISSANCE (bâtiment et usagers)
Décision d'agir / entrevue avec le promoteur
Pré-diagnostic
Inspection oculaire du bâtiment
Identification des usagers du bâtiment
Possibilité d'entamer un processus participatif
Cadre légal du bâtiment et de ses usagers
Rapport du pré-diagnostic
Bon état, sans nouveaux besoins = programmer son entretien
Bon état, avec de nouveaux besoins = plusieurs études
Problèmes d'habitabilité = plusieurs études
Problèmes de conservation (obsolète) = plusieurs études
Grande valeur pour la collectivité (classé) = plusieurs études
Problèmes graves d'habitabilité (suroccu-pation, sécurité au feu) = plusieurs études
Problèmes structurels graves = déloger et plusieurs études
passer à 7 ENTRETIEN
passer à 2 ÉTUDES PLURI-DISCIPLINAIRES (ANALYSE)
2
ÉTUDES PLURI-DISCIPLINAIRES (ANALYSE)
I. LA CONNAISSANCE (bâtiment et usagers)
Élaboration d'hypothèses provisoires
Programme d'études pluri-disciplinaires
Domaine social
Approche socioéconomique
Approche anthropologique
Domaine historique
Étude de sources documentaires
Méthode archéologique
Histoire orale
Domaine architectural
Relevé géométrique
Intégration dans le lieu
Analyse typologique
Analyse spatiale
Étude couleur et décoration appliquée
Cadre légal et urbanistique
Domaine constructif
Système constructif
Phénomènes de dégradation
Sécurité structurelle et au feu
Paramètres de confort
Paramètres environnementaux
Connectivité infrastructures
passer à 3 DIAGNOSTIC (SYNTHÈSE)
5
PROJET
II. LA RÉFLEXION ET LE PROJET
Avant-projet
Évaluation des différentes possibilités
Incorporation des idées du processus participatif
Acceptation du projet de la part du propriétaire
Projet
Paramètres techniques
Connaissance de la construction locale
Visibilité de l'intervention
Compatibilité des technologies utilisables
Intégration des installations modernes
Durabilité
Maintenabilité
Documentation
Plans détaillés
Détails constructifs
Mesures
Devis
Cahier des charges
Mesures de sécurité dans le travail
retourner à 2 ÉTUDES PLURI-DISCIPLINAIRES (ANALYSE)
3
DIAGNOSTIC (SYNTHÈSE)
II. LA RÉFLEXION ET LE PROJET
Évaluation critique des études
Carte des valeurs (historiques, artistiques, etc.)
Carte des déficits (sociaux, prestations, lésions, etc.)
Carte des usages précédents et/ou existants
Confirmation de l'hypothèse
Rédaction d'un rapport d'expertise
Description du bâtiment
Description des études réalisées
Justification des valeurs du bâtiment
Description des déficits
Diagnostic
Recommandations
6
RÉHABILITATION
III. LES TRAVAUX
Démarches du permis de construire
Contrat de construction
Choix du type de constructeur
Appel d'offres
Rédaction du contrat
Formation spécifique des ouvriers
Contrat avec les entreprises spécialisées
Exécution des travaux
Suivi
Révision continue du projet
Contrôle des solutions appliquées
Évaluation des éléments découverts
Coordination de la sécurité des travaux
Rapport des travaux réellement exécutés
Organisation
Programmation des travaux
Protection du bâtiment existant : - contre les intempéries - contre les travaux eux-mêmes
Réutilisation matériaux, contrôle déchets, etc.
Entrée des différents corps de métier
Livraison des travaux
4
RÉFLEXION ET CADRE DE DÉCISIONS
II. LA RÉFLEXION ET LE PROJET
Faisabilité
Carte de transformabilité (valeurs + déficits + usages existants)
Programme des nouveaux usages
Évaluation des conditions réglementaires
Confirmation des critères
Conservation maximale
Transformation maximale
Cadre de décisions
Programmer son entretien
Réhabiliter la façade et/ou la toiture
Améliorer l'habitabilité de base
Mesures performance énergétique et confort
Mesures performance environnementale
Installations de base et débits
Changement d'usage, agrandissement
Consolidation structurelle
Prévention des séismes
Prévention des incendies
Réhabilitation intégrale
passer à 7 ENTRETIEN
passer à 5 PROJET
7
ENTRETIEN
IV. LA VIE UTILE
Choix du modèle d'entretien
Entretien préventif
Entretien correctif
Diffusion des valeurs du bâtiment au sein de la collectivité
« Carte d'identité »
Informations sur le bâtiment
Rapport des travaux réellement exécutés
Recommandations d'usage
Calendrier d'entretien
Nettoyage
Réparations
Inspections
Rénovations
Travaux d'entretien en fonction du calendrier
Nettoyage
Inspections
Réparations
Rénovations
Reprogrammation du calendrier
Le bâtiment requiert une nouvelle réhabilitation
revenir à 1 PRÉLIMINAIRES

Deuxième partie

Les outils RehabiMed

Une aide à la réhabilitation des bâtiments traditionnels




10
1
2

I. La Connaissance




7
5

Outil 1

Connaître l'architecture traditionnelle pour la mettre en valeur



Outil 1

Connaître l’architecture traditionnelle pour la mettre en valeur

L'architecture traditionenelle méditerranéenne.

Territoire, paysage et architecture traditionnelle

José Luis GARCÍA-GRINDA,
Docteur en architecture
Professeur au Département de Composition architecturale de l'École technique supérieure d'Architecture de Madrid (Université polytechnique de Madrid), Espagne

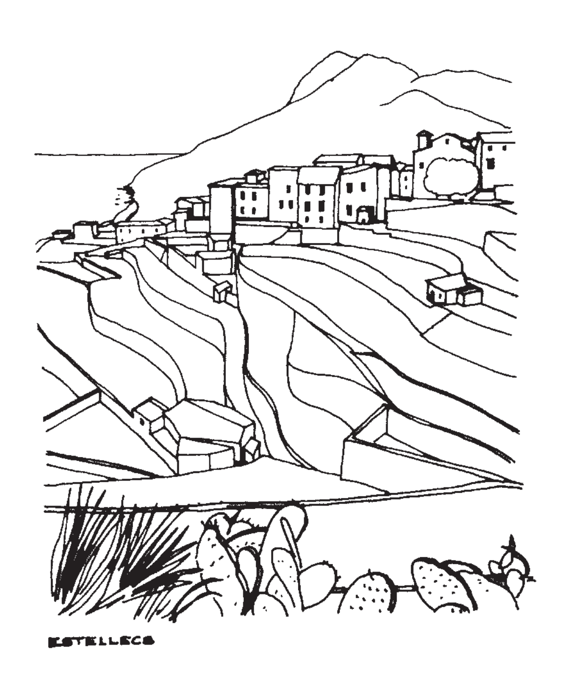
Parler du territoire méditerranéen, c'est faire référence à une diversité de paysages dans laquelle la mer et la montagne dialoguent et se donnent la main constamment. Et cet échange se situe dans une formation géographique où l'on trouve un ensemble de diversités territoriales, où semblent s'opposer les zones fertiles et les zones désertiques, les montagnes et les plaines, les paysages champêtres et les grandes étendues, les plateaux et les rives, les sites marins et les espaces intérieurs, et où la main de l'homme a mis en forme l'urbain et le rural.

Il s'agit d'un espace situé autour de la Méditerranée dans lequel l'activité humaine au long des siècles a utilisé et façonné le territoire, en laissant des marques, des signaux, des repères, des références, tous fruits de son développement historique. Villes, hameaux, fermes, maisons rurales, abris temporaires, cabanes, tentes, refuges, etc., avec des dispositions, des espaces et des organisations divers, sont les formes d'habitat qu'a employées l'homme dans ce territoire. À ces formes, il faut ajouter d'autres dispositions non résidentielles de l'habitat, désagrégées, et liées aux usages productifs : agraires, d'élevage, sylvicoles, préindustriels, etc. ou à d'autres nécessités et services collectifs ou privés.

La trame des voies de communication, aussi bien pour les véhicules que pour les piétons ou le bétail, conjointement à celles des voies fluviales, accompagnées des ports, des quais, des débarcadères, etc., permettent d'entrelacer et de relier les implantations et les lieux. En plus du réseau hydraulique, créé artificiellement en mettant à profit les ressources hydriques du territoire, c'est toute l'organisation de l'espace lui-même pour semer ou pour faire paître, avec ses divisions et ses limites, ainsi que d'autres éléments construits divers et dispersés, en fait tout un ensemble territorial structuré avec ses implantations et ses dispositions. Tout cela est le résultat et le reflet d'une interaction prolongée, au travers de différentes époques historiques et de différentes sociétés, entre l'homme, la nature et l'environnement physique.

Et, sous forme de témoignage des rapports entre le développement des communautés, les individus et leur environnement, se trouvent la création et la conformation de paysages dans les espaces territoriaux d'intérêt culturel, que l'on a appelés paysages culturels. Ce sont des territoires de notre domaine géographique dans lesquels, sans le moindre doute, l'architecture traditionnelle joue un rôle significatif pour leur matérialisation et leur personnalisation.

Il faut préciser qu'en marge des spécialisations professionnelles, urbanistique, architecturale ou d'ingénierie nous comprenons



Paysage d'implantation rurale et de cultures en terrasses, Estellecs (Espagne).

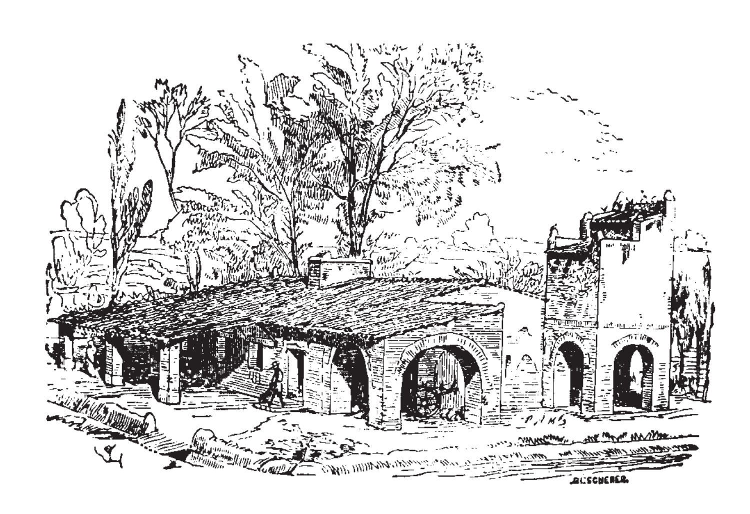
l'architecture dans un sens territorial, en suivant la définition que nous en a donné William Morris dans la seconde moitié du XIXe siècle, comme l'ensemble des altérations réalisées sur la surface de la terre au service des nécessités humaines. C'est une définition large qui côtoie et s'attache au concept architectural de paysage culturel, dans lequel sont compris les implantations, à tous niveaux de taille et de complexité, les divers bâtiments, les différentes infrastructures et les traitements divers que peuvent présenter les espaces non édifiés urbains et ruraux.

Ainsi, lorsque nous parlons d'architecture traditionnelle méditerranéenne, la maison constitue le cœur et le symbole de l'ensemble de cette architecture, organisée, aussi bien en colonies urbaines qu'en ancrages ruraux. Elle est conçue comme le lieu et l'axe de la vie et des activités traditionnelles et, pour reprendre les mots de Viollet-le-Duc, dans l'ensemble de l'architecture c'est elle qui caractérise le mieux les coutumes, les goûts et les usages, c'est-à-dire le mode vie et la manière de ressentir d'un peuple. Sur son propre terrain ou parcelle, elle peut être accompagnée de constructions ou de parties de constructions qui répondent aux différents usages et besoins productifs artisanaux, agricoles et/ou commerciaux qu'elle développe. Parallèlement, dans l'héritage ou

la propriété privée, mais séparée de la maison, ou dans des terrains de propriété communale, peut apparaître isolé ce type de constructions de caractère très large, qui contribue à définir de manière déterminée les caractéristiques propres de l'architecture traditionnelle de chaque région ou territoire. La maison, dans ce sens, n'est pas seulement une structure physique mais une institution créée pour un ensemble complexe de finalités, dans lesquelles sa propre édification peut être qualifiée comme un phénomène culturel. Ainsi, il n'est pas rare que, dans l'architecture traditionnelle, le concept et la dénomination de maison ne soient pas seulement utilisés pour identifier le lieu d'habitation mais aussi l'ensemble de l'héritage et des propriétés qui lui sont liés, en la concevant comme un lieu symbolique de vie et de production conjoints.

Ces architectures auxiliaires constituent un ensemble de nature très diverse, à usage fondamentalement agricole ou de soutien à ces activités productives, qui se distinguent de la maison soit pour des raisons fonctionnelles soit pour des raisons de propriété. Ce sont les écuries, les cours ou basses-cours, les fours, les greniers, les silos, les greniers à foin, les séchoirs, les magasins, les aires, les caves, les pigeonniers, les ruches, les refuges, etc. Ce sont aussi celles qui répondent à ces mêmes usages agricoles mais qui acquièrent un caractère d'usage et de propriété collective, comme certains greniers, refuges, abris de bétail grand et petit etc., et l'on peut distinguer dans ces dernières organisations celles qui sont de type permanent et celles qui sont transhumantes.

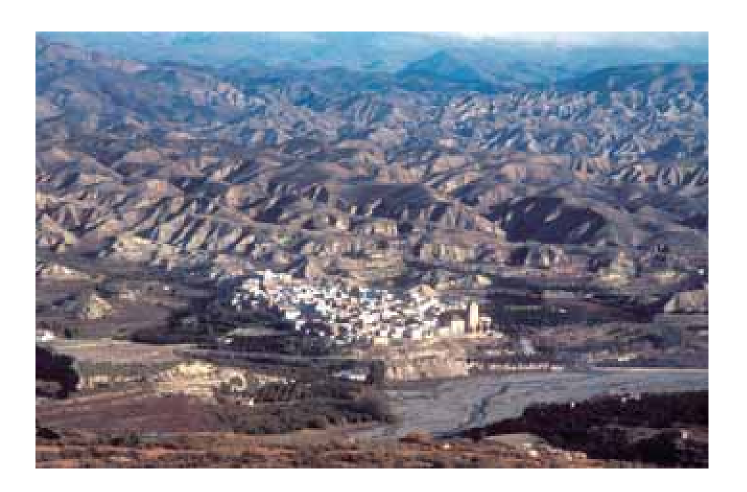
Un autre groupe d'architectures distinct contribue à doter les lieux de certains équipements ou services publics destinés à la communauté, adoptant avec une certaine fréquence des formes et des organisations traditionnelles, pouvant singulièrement faire partie du programme de la maison. A l'occasion, ces éléments architecturaux étaient la propriété de conseils ou d'associations, ou encore de confréries collectives et, en outre, ils contribuaient à les doter de revenus pour aider au développement de leurs activités. Cela va des différents types de fontaines, puits, citernes, dépôts et édifications de fourniture d'eau pour la consommation humaine, animale et d'irrigation, comme les lavoirs, abreuvoirs, auges, bassins, marais ou étangs, aqueducs, canaux d'irrigation, etc., et les constructions et les mécanismes qui permettent de l'extraire ou de l'élever depuis les courants naturels et les puits, comme les retenues, *caces, cigüeñales*, norias, roues à eau, *ceñiles*, etc. etc. Puis il y a des services tels que la forge, le



Maison avec pigeonnier du Languedoc et de Provence (France), dessin de Viollet Le Duc.

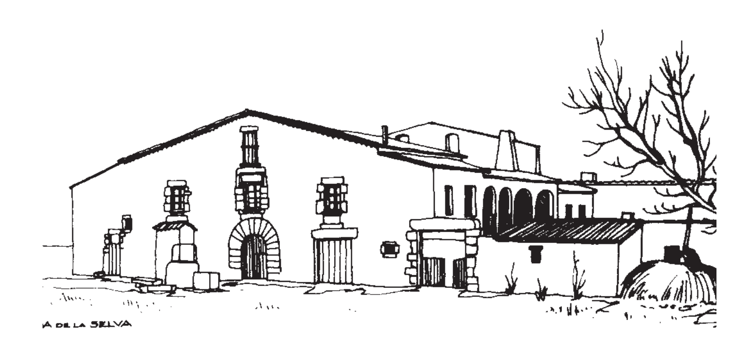


Caseríos de l'Axarquía (Espagne) se consacrant à la production moderne du raisin de table.



Alquézer (Espagne), Al kassar, ville fondée au XIIIe siècle sous le château d'origine arabe du Xe.

marquage des animaux, le four, etc., ceux qui servent d'appui aux activités de la chasse, comme les abris, postes de chasse, pièges à ours, à loups ou à d'autres animaux nuisibles, etc., en passant par les architectures des institutions en propre de type civil et religieux, comme la maison du conseil municipal, avec divers équipements ajoutés destinés à l'enseignement, la justice, l'approvisionnement alimentaire, le commerce, l'hébergement, la santé, le sport, la fête, etc., comme les écoles, prisons, piloris, arbres de conseil, marchés, souks, boutiques, halles, *almudís, alhóndigas, fondouk* ou *khan, alfolíes*, silos communautaires, *cillas, tercias*, auberges (*posadas* ou *mesones*), bains, hôpitaux, maisons de pauvres, hospices, salles de boules, frontons, etc., complétés par l'activité privée dans certains cas, en passant par les établissements spécifiquement religieux comme les églises, mosquées, synagogues, oratoires, sanctuaires, calvaires, cimetières, etc.



Maison rurale isolée, masia à Cassà de la Selva (Espagne).

L'architecture de caractère préindustriel consacrée à l'élaboration de produits, qui peut être comprise dans certains des ensembles précédents, comme les moulins mus par la force animale, hydrauliques ou à vent, les moulins à huile, les pressoirs, les moulins à papier et à sucre, les ateliers de fer, de cuivre, les scieries hydrauliques, les battoirs à chiffons, les salines, les fours à céramique, à verre, à fonte, à chaux ou à plâtre, les divers ateliers artisanaux, les métiers à tisser, les tanneries, les teintureries, les forges etc. Il y a les ensembles de type extractif comme les mines, carrières, fours, lavoirs de minéraux etc. jusqu'aux organisations et éléments de certaines infrastructures viaires, comme les chaussées, chemins pour les chariots ou les piétons, voies pour le bétail, sentiers, ou les ponts, pontons, passages à gué, égouts etc., ou les systèmes d'irrigation, ou ceux qui sont liés aux activités de la mer et de la pêche, comme les ports, quais, arsenaux, embarcadères, bateaux de pêche, viviers etc., conjointement aux traitements de l'espace public, comme les revêtements, escaliers, rampes, couvertures, pergolas, bancs, végétations, ou éléments de formation et de clôture de l'espace agricole, comme les étages de culture, murs de clôture, paliers, clôtures, haies, portes de clôtures etc. Pour ces derniers, on notera également leur propre organisation intentionnée, dont on peut voir des exemples dans des espaces aussi exposés que certaines oasis africaines, où la palmeraie constitue une sorte de toit-terrain, sous lequel s'élèvent les arbres fruitiers, le niveau inférieur devenant un jardin potager, alimenté par la structure de ses rigoles d'irrigation, fermé par de denses palissades végétales, réalisées avec des feuilles de palmier, qui le protègent des sables du désert.

À ces organisations, il faut ajouter les espaces publics conformés par ces architectures, qui acquièrent, aussi bien dans le domaine urbain que rural, une notable complexité, espaces définis et articulés par des bâtiments et divers éléments significatifs, avec des usages spécialisés liés aux diverses activités publiques, civiles et



Paysage de terrasses de culture de l'Alpujarra, Ohanes (Espagne).



L'humanisation du paysage : Bentarique (Espagne).

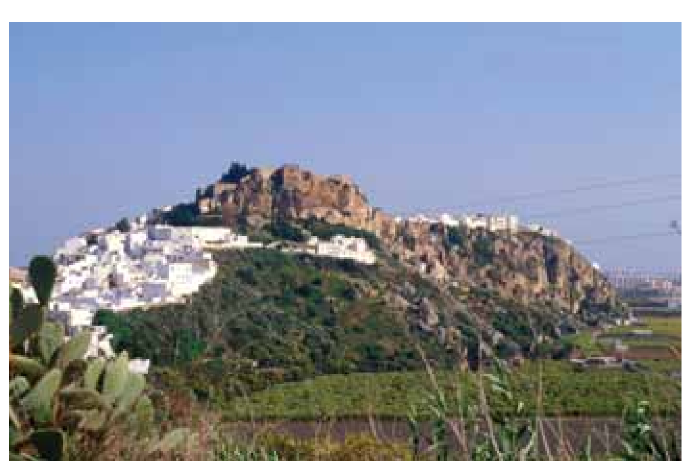
religieuses, représentatives, commerciales, festives, productives, d'accès etc., dans les places, avenues, promenades, jardins, rues, ruelles, culs de sac, passages d'eau, parvis, fontaines, abreuvoirs et lavoirs, champs, aires, croisées, gués etc., c'est-à-dire tout un ensemble d'architectures qui vont des organisations d'une certaine complexité organisationnelle et constructive et qui requièrent pour leur construction la participation d'artisans spécialisés, à ceux de caractère plus élémentaire que chaque habitant construit directement lui-même, seul ou avec l'aide des autres. En définitive, il s'agit d'un ensemble divers et complexe qui dote notre territoire méditerranéen d'une identité propre où, conjointement à la spécificité locale, se reflètent les relations culturelles dans les formes architecturales qu'il absorbe, fruit des divers échanges historiques, et dans lequel chaque pièce semble plus petite et finit par conformer le caractère de ces différents paysages méditerranéens que l'on peut véritablement qualifier de culturels.

La Charte du Patrimoine vernaculaire construit rédigée par ICOMOS (Conseil International des Monuments et Sites) en 1999, comme continuation de celle de Venise, nous rapproche de manière synthétique, dans son introduction, de la caractérisation de cette production culturelle, où est proposée timidement cette vision du territoire :

« - Le patrimoine traditionnel ou vernaculaire construit est l'expression fondamentale de l'identité d'une communauté, de ses relations avec le territoire et, en même temps, l'expression de la diversité culturelle du monde.



L'échelle humaine dans les paysages ruraux : caserío à Santa María de Nieva (Espagne).



Salobreña (Espagne), implantation grecque dans une île entourée de champs de canne d'origine arabe, noyau arabe et chrétien couronné par l'enceinte fortifiée.



Caseríos, grandes demeures à usage agricole, Ecija (Espagne).



Sanctuaire de Sidi Ali El-Mekki (Tunisie).

- Le patrimoine vernaculaire construit constitue le mode naturel et traditionnel dans lequel les communautés ont produit leur propre habitat. Il fait partie d'un processus continu, qui inclut les changements nécessaires ainsi qu'une adaptation continue en réponse aux conditions sociales et environnementales. »

Valeurs de l'architecture traditionnelle méditerranéenne

L'architecture traditionnelle méditerranéenne peut être définie comme un produit de caractère préindustriel, inséré dans le milieu urbain comme dans le milieu rural dans lequel, jusqu'à une époque avancée du XIXe siècle, les phénomènes urbains étaient dominés par la ruralité de leur environnement, une ruralité basée sur sa production et son évolution dans le mécanisme de la tradition et par conséquent, liée à un territoire concret.

Le processus de conception et de construction de cette architecture se base sur des modèles avec des ajustements et des variantes, en fonction des expériences, des besoins et des possibilités individuelles. Cette variation fait que l'on peut parler, en de nombreuses occasions, de modèles de caractère ouvert, seulement caractérisés par la présence de certains éléments, formes ou parties significatives communes. Certains auteurs considèrent même la non-existence proprement dite de types, qui contraste avec lesdites architectures vernaculaires primitives, produits de sociétés peu stratifiées et au développement économique et social limité, où les types sont plus fermés et plus constants. Les formes utilisées par ces sociétés sont présentes dans le domaine méditerranéen surtout sous la forme de refuges, de cabanes, de huttes, de tentes, adoptant des organisations élémentaires qui cohabitent avec les architectures traditionnelles plus complexes.

Ces modèles sont le résultat de la collaboration de nombreuses personnes au cours de générations entières, aussi bien celles qui ont utilisé les bâtiments que celles qui les ont construits, et de ce point de vue on peut dire qu'il n'y a pas de concepteurs à proprement parler puisque tous connaissent ces modèles.

Section de pigeonnier, spécifique des terres céréalières, Fromista (Espagne).



Magasin et maison à usage agricole, vallée de Mejerda (Tunisie).

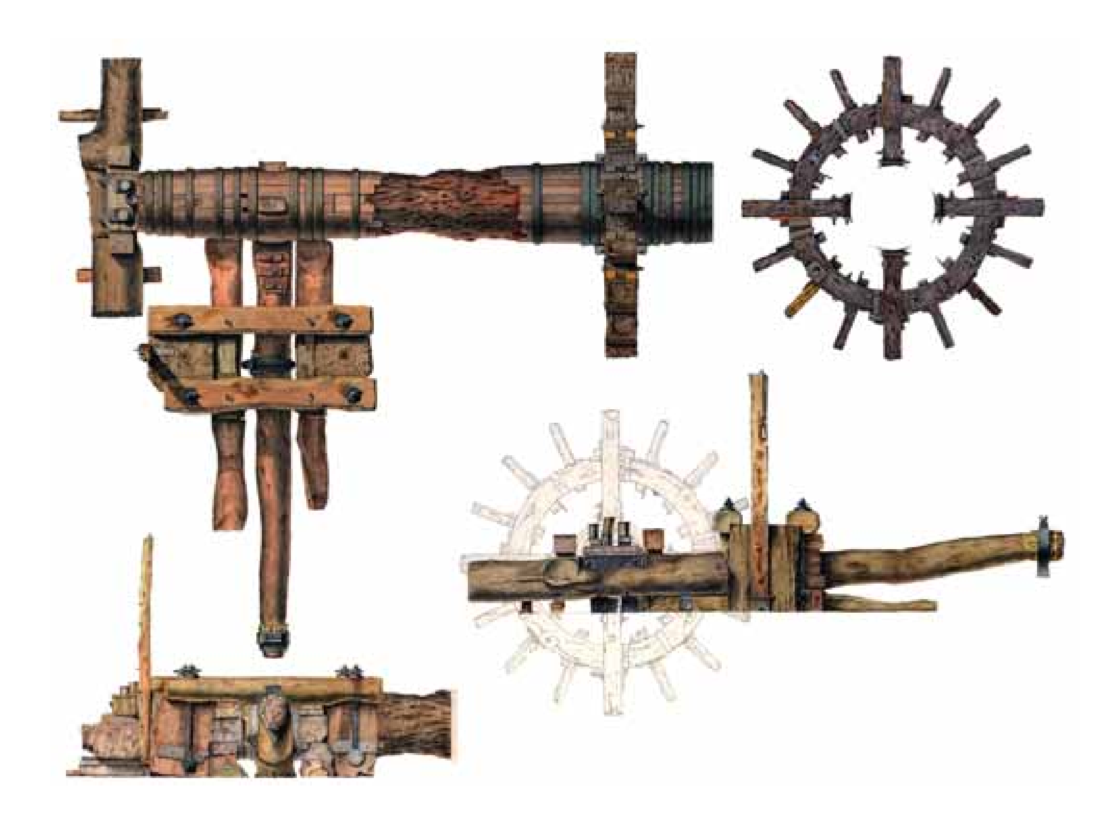


Noria, lavoir, abreuvoir et canal, disposés en ligne, Pozo de los Frailes (Espagne).

1

Toutefois, des artisans spécialisés participent habituellement à leur construction, du fait de leurs connaissances plus détaillées, aussi bien dans l'ensemble de l'architecture concrète que dans les parties plus complexes ou plus spécialisées de leur construction. Maçons, tailleurs de pierre, bâtisseurs de murs, poseurs de toitures, charpentiers, menuisiers, forgerons etc., sont parmi les travailleurs spécialisés qui y participent et qui, souvent, incorporent des détails et des connaissances empruntés aux architectures historiques, celles-ci propres aux concepteurs, y compris en interprétant et en intégrant divers aspects pour singulariser ou individualiser le bâti.

La forme architecturale s'ajuste par conséquent à des problèmes donnés, à des nécessités spécifiques ainsi qu'aux moyens disponibles, sans qu'il y ait d'efforts esthétiques conscients bien



Machines d'atelier de travail du fer de Compludo (Espagne).



Moulin à huile troglodyte, Galipolli (Italie).



Moulin hydraulique, adapté au faible débit, Huebro (Espagne).



Roue à eau à usage agricole sur la rivière Oronte, Shaizer (Syrie).

que couramment certains bâtiments présentent un traitement décoratif différent qui les distingue, lorsque les possibilités économiques le permettent. Tout cela est basé sur l'idée qu'une tâche commune doit être réalisée de la manière la plus simple, la plus directe et la moins gênante possible, dans une société liée à la tradition et où les changements se produisent au sein d'un héritage commun donné et d'une hiérarchie de valeurs qui se reflète dans les types de bâtiment. Leur forme se caractérise par le fait qu'il s'agit d'un produit d'usage qui ne change pas, où la capacité d'agrégation et la nature ouverte et flexible sont présentes, elle permet facilement la modification et elle dispose d'une nature apte à la croissance. Et, de ce point de vue, elle est conçue comme quelque chose de simple, de clair, de facilement compréhensible, dans lequel la tradition s'exprime comme une forme de contrôle collectif, aussi dans le domaine propre de l'architecture, comme forme de respect envers les autres et envers l'environnement lui-même. La moindre présence de la tradition et un plus grand développement économique se mettent en rapport avec une plus grande évolution individuelle et une diversité de la maison, qui se reflètent significativement dans la différenciation et la spécialisation progressive de l'espace d'habitation et de travail, particulièrement à partir de l'époque du bas Moyen Âge, avec l'apparition de pièces distinctes pour séjourner, pour dormir ou pour manger et, même, pour l'été et pour l'hiver.
Les relations culturelles historiques, au travers de la *Mare Nostrum*, demeurent avec une certaine fréquence fixées dans l'architecture



Les espaces publics protégés par des portiques, adaptation pour leur utilisation en tant qu'espaces de vie et de commerce, Ciudadela (Espagne).



Groupe de moulins à vent dans le port de Rhodes (Grèce).

1

traditionnelle par la présence d'éléments et d'organisations qui relient entre elles les architectures de zones géographiques méditerranéennes différentes et relativement distantes, nuançant l'exclusive spécificité locale de leurs organisations et de leurs éléments. Ainsi, la fameuse tuile *céramique incurvée arabe*, en Espagne, élément créé par évolution à partir de la tegula romaine, reçoit en Afrique du Nord le nom significatif de *tuile andalouse*, comme fruit de la venue dans ces territoires, tout spécialement aux XVIe et XVIIe siècles, des Maures expulsés de la péninsule Ibérique, alors que leur présence distincte dans d'autres territoires méditerranéens lui fait recevoir des appellations locales.
Cette architecture emploie dans sa construction les matériaux locaux, pierre, terre, bois ou autres matériaux végétaux, qui permettent d'établir une étroite relation avec le milieu et le lieu. Cette utilisation des matériaux à disposition s'effectue dans une opération qui met directement en rapport l'économie et l'effort avec la durabilité, conformément à la technologie et aux connaissances constructives disponibles. Leur usage s'effectue conformément à une hiérarchie de qualité et de durabilité du matériau, en fonction de la capacité économique et du rôle symbolique et fonctionnel du bâti. Ainsi, il n'est pas rare que l'on réserve pour la façade principale les matériaux de meilleure durabilité et de plus grand coût, alors que l'on destine au reste des façades ou à des parties ou bâtiments auxiliaires, zones ou parties



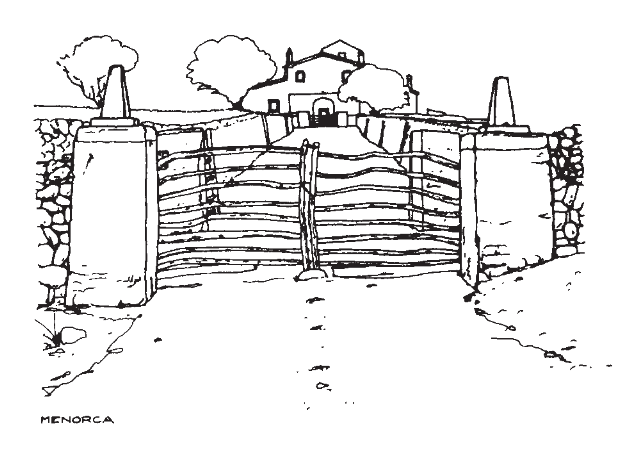
Un endroit clos et un toit protecteur pour le bétail, majada à Sesnández (Espagne).



La simplicité et la propreté des détails : écoulement des eaux d'une terrasse, Arcos de la Frontera (Espagne).



La recueil de l'eau de pluie dans un climat sec : citerne rurale, Los Almagros (Espagne).



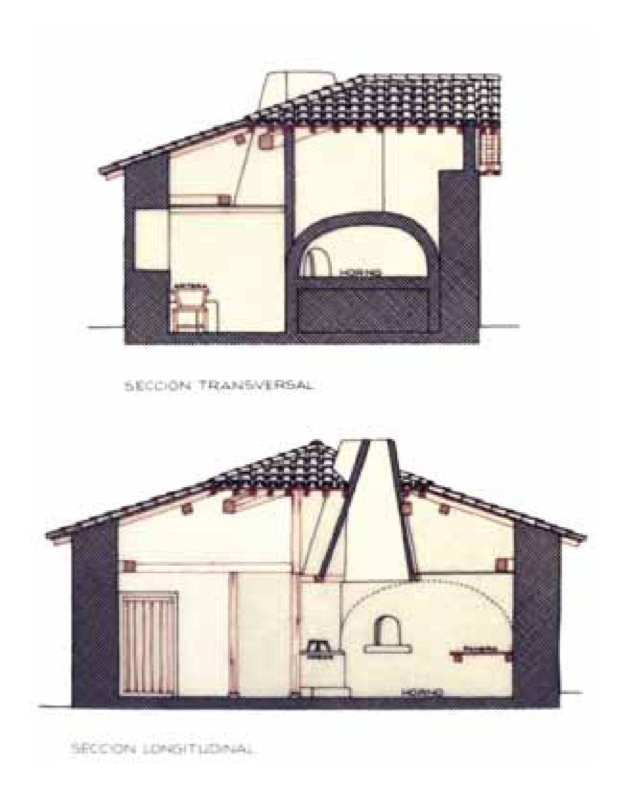
Influences classiques dans l'architecture traditionnelle : maison minorquine (Espagne).

de moindre importance symbolique, les matériaux de moindre coût et de moindre durabilité. Évidemment, l'emploi des matériaux locaux est ce qui détermine une plus grande continuité temporelle des différents types de construction, nuancée par l'évolution, dans lesquels il ne faut pas non plus oublier certains changements significatifs produits par divers phénomènes, comme par exemple la substitution d'éléments d'origine végétale dans les couvertures et les structures apparentes par crainte des incendies, à des époques relativement récentes, dans de nombreux lieux de notre territoire. Singulièrement, on peut rapporter le transport depuis l'antiquité de certains matériaux particuliers, aussi bien par les voyages terrestres que côtiers ou maritimes, comme certains bois, pierres et marbres qui arrivent de tous les côtés de l'espace méditerranéen. La *calceranite* de l'impressionnante carrière tunisienne d'El Haouaria, active dès les époques punique et romaine, était chargée directement dans les bateaux qui pénétraient dans les grottes créées en bord de mer, ou le bois de la Serranía de Cuenca qui était transporté sur les rivières, au X[e] siècle, jusqu'à parvenir sur la côte espagnole du Levante et les ports arabes de Denia et de Valence, où il était utilisé pour la construction de bateaux et de bâtiments et exporté jusqu'en Égypte.

Elle travaille avec le lieu, aussi bien dans la propre adaptation des implantations, en recherchant les meilleures orientations et en préservant les terrains fertiles, que dans l'organisation propre de la maison, où elle joue avec la connaissance spécifique du microclimat, avec l'emploi de simples systèmes passifs, basés sur les épaisseurs et les couleurs des maçonneries ainsi que la disposition, la taille et la fermeture différentes des vides, en recherchant la protection face aux agents météorologiques défavorables, la forme générale du bâtiment et des couvertures, avec des réponses différenciées selon les climats humides ou secs : les couvertures inclinées et les passées de toiture prononcées ou les couvertures en terrasse ou *terrados*. Il ne manque pas non plus de systèmes spécifiques de chauffage, où d'imposantes cuisinières jouent un rôle important en même temps qu'elles articulent autour d'elles la vie interne de la maison. Ou l'exemple hispanique de la *gloria*, système de chauffage hérité de l'hypocauste romain, en guise de réponse adaptée aux zones froides déboisées, où un foyer fermé avec très peu d'apport en oxygène permet la lente combustion de produits de peu d'importance tels que la paille. Ou encore l'emploi de la ventilation créant des courants intérieurs ou disposant de cheminées qui font sortir l'air chaud des pièces inférieures, élément que l'on trouve dans les zones chaudes du nord de l'Afrique du Nord ainsi qu'en Extrême Orient, en faisant passer par elles l'air plus froid des zones basses et orientées au nord, comme adaptations spécifiques là où les conditions climatiques sont défavorables. Ou, enfin, l'incorporation



Crépis de couleur dans des logements troglodytes évolués : quartier de la Chanca de Almería (Espagne).



Équipement complémentaire pour la maison : four communal, Zalduendo (Espagne).



Tuiles incurvées arabes provenant des tuiles romaines, couvertures et canaux aux formes différentes, hameau de Quintana (Espagne).



Éléments végétaux : palissade pour délimite et protéger dans l'oasis de Douz (Tunisie).

d'éléments de végétation naturelle dans les façades ou les patios, afin d'obtenir un meilleur confort climatique avec ombre et humidité, complété par des éléments constructifs qui augmentent leurs effets.

Cette architecture prête attention à l'expérience spécifique de certains lieux face aux phénomènes naturels, comme les tremblements de terre ou autres séismes, donnant lieu à des dispositions constructives qui tentent de se défendre de ses effets destructifs, comme les doubles structures parallèles de façade et la couverture, avec appui indépendant de cette dernière pour éviter sa destruction, basées sur la flexibilité des structures de bois, présentes au Levant dans les exemples grecs ou turcs, précisément en correspondance avec la ligne de rencontre entre les plaques euro-asiatique et anatolienne. Ou encore au travers de l'incorporation de rotules flexibles disposées horizontalement le long des murs de maçonnerie ou disposés dans les coins de la construction, créées avec des pièces orthogonales de bois. Ce sont des solutions qui sont présentes dans divers exemples de l'architecture du nord de l'Afrique, et que l'on voit employées, y compris, dans l'architecture de tradition turque du noyau maritime égyptien de Roseta, où il s'agit d'une claire exportation historique. Ainsi, l'une des valeurs contemporaines de l'architecture populaire méditerranéenne mise fréquemment en évidence est précisément de servir de référence, pour ces intelligentes et simples adaptations climatiques, comme exemple de la nouvelle architecture bioclimatique où la passivité constructive se combine avec l'ajustement à l'ensoleillement et la création de systèmes qui incorporent la ventilation, la création d'ombres et d'humidité et de systèmes de chauffage complémentaires où la biomasse est la ressource énergétique normalement utilisée, comme autant de



Bois et pierre : plancher de L'Alpujarra, Pampaneira (Espagne).



La brique : influences mudéjars à Nezta (Tunisie).

méthodes d'amélioration du confort employées par cette architecture en réponse aux difficiles conditions climatiques.

Il ne manque pas non plus, dans les diverses et riches architectures méditerranéennes, de solutions que l'on pourrait qualifier d'anti-climatiques, où se montrent d'autres présences et où n'est pas oubliée la relation avec le lieu. Les maisons de l'Alpujarra, région située dans le sud de l'Andalousie dans la zone montagneuse de Grenade et d'Almería, emploient comme élément caractéristique un toit en forme de terrasse qui, apparemment, n'est pas la solution la mieux adaptée dans ce territoire de montagne où les précipitations sont abondantes et où il ne manque pas de neige en hiver, certaines des implantations étant situées à plus de 1.500 m d'altitude. Cette disposition, conjointement à une organisation de maisons compactes, où l'on ne voit pas de patios, est en réalité la survivance culturelle des maisons d'origine berbère que l'on peut mettre en rapport avec celles de l'Atlas marocain. La construction et le fonctionnement adéquat de ces terrasses se base sur l'utilisation d'une argile imperméable, de couleur violacée, comportant une part importante de manganèse, appelée *launa*, que l'on trouve en différentes couches sur une sorte de dallage directement posé sur des poutres de bois. Dans leur disposition, les maisons se conforment comme un espace complémentaire à l'usage de l'espace public, très limité du fait de la difficulté propre à la disposition des implantations en montagne et comme fruit de l'adaptation aux pentes extrêmes des versants où elles se situent, en utilisant les terrasses comme lieu de travail à l'air libre et comme lieu où l'on peut étendre et faire sécher divers produits.

Conjointement au savant jeu d'adaptation et de respect du lieu, l'emploi de techniques constructives de caractère artisanal muries avec le temps, où l'usage contrôlé des matériaux locaux et la réutilisation de tout élément constructif utile, en mettant à profit toute construction antérieure, fait de l'architecture traditionnelle un élément que l'on peut inclure dans les modèles du développement durable et respectueux de l'environnement. Et, sans le moindre doute, est concrétisée et conservée en elle la connaissance accumulée et transmise au cours des générations de l'énorme diversité des techniques constructives historiques basées sur les diverses variétés et caractéristiques des matériaux locaux employés. Il s'agit, tout ensemble, d'un savoir traditionnel que l'on peut considérer comme un véritable héritage culturel de la connaissance constructive historique dans le domaine méditerranéen, patrimoine de caractère immatériel qui s'ajoute à sa réalité matérielle, avec des utilités claires applicables à la récupération et à la restauration de l'ensemble de l'architecture historique. Ce savoir constructif se teint d'ingénuité à l'occasion et emploie des solutions qui ne sont pas toujours strictement orthodoxes techniquement mais qui offrent une fraicheur et même une sorte de saveur primitive qui en font quelque chose d'attrayant.

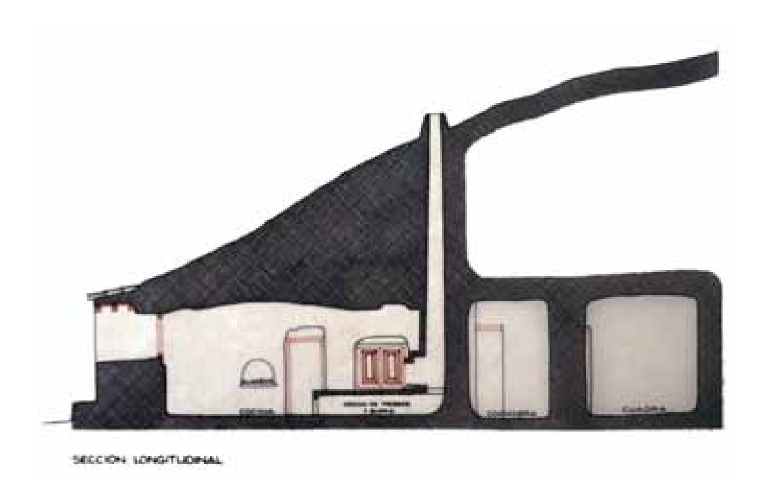


Les transmissions et influences culturelles : balcon protégé par des jalousies, transfert de l'ajimez arabe dans l'architecture coloniale des îles Canaries, Icod de los Vinos (Espagne).

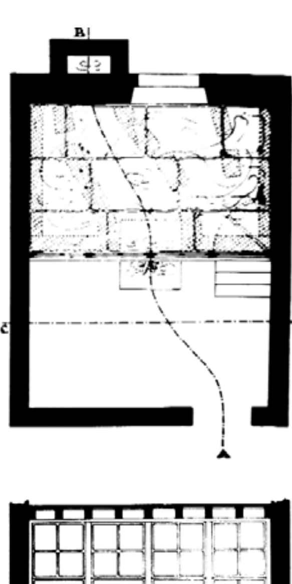


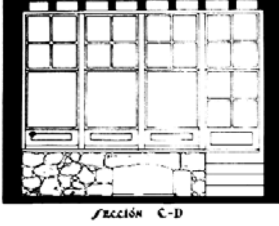
La pierre : points d'ancrage dans le port de L´Escala (Espagne).

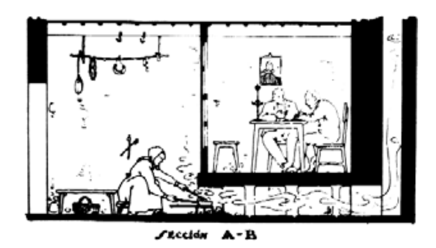
1 En outre, les matériaux locaux et les techniques traditionnelles de caractère artisanal constituent en eux-mêmes un important potentiel économique, comme c'est évident lorsque l'on met en marche des processus de récupération et de réhabilitation de cette architecture, processus générateurs de main d'œuvre qualifiée, constituant une véritable bourse d'emplois dans des zones où il n'existe pas d'alternative de travail de caractère industriel, comme c'est le cas dans une grande partie du monde rural méditerranéen. Sans le moindre doute, l'attrait qu'a généré l'architecture traditionnelle pour les architectes modernes, en tant qu'inspiratrice de leurs langages, garde un rapport direct avec le traitement simple et rationnel qu'elle offre dans de nombreuses solutions, dans une relation directe entre forme, fonction et réalité



Cuisine à gloria et trébede dans une maison troglodyte, section, Castrojeriz (Espagne).







Cuisine à gloria et trébede dans une maison de montagne (Espagne), dessin de Leonardo Rucabado, début du XXe siècle.



L'utilisation climatique de la végétation : oranger dans le patio d'une maison rurale andalouse, Testour (Tunisie).



Demeure avec toit-terrasse dans L'Alpujarra, Trévelez (Espagne).

construite. Cette simplicité dans le traitement de ses formes qui ne recherchent que la réponse à des besoins concrets ou la solution directe d'un problème, confère à l'architecture traditionnelle un concept de beauté formelle complètement moderne, où la raison s'empare du binôme forme-fonction. Il n'est pas étonnant que des maîtres du mouvement moderne tels que Frank Lloyd Wright, Le Corbusier ou Alvar Aalto se soient abreuvés à ses sources ; ou encore que des figures plus récentes telles que Hassan Fathy ou Luis Barragán aient employé des formes constructives et plastiques dans leurs nouvelles architectures avec un désir clair de se rapprocher et de se mettre en rapport avec l'architecture traditionnelle. Les volumes purs, cubiques et blancs de certaines architectures traditionnelles méditerranéennes ont servi de référence à une bonne partie de l'œuvre architecturale moderne à partir des années 20 du XXe siècle. Par ailleurs, les éclecticismes régionalistes dans certains pays ont généré une alternative à cette modernité, au même moment historique, avec des architectures dans lesquelles se mêlaient des motifs provenant de modèles traditionnels, dans la quête d'une architecture nationale face à l'internationalisation du mouvement moderne. Ou encore, avant tout cela, les pionniers du Mouvement moderne, comme le mouvement anglais Arts and Crafts, à partir de la deuxième moitié du XIXe siècle, ont eu comme inspiration les bâtiments vernaculaires de l'époque médiévale pour la création d'une nouvelle architecture, basée sur la production artisanale. Et plus

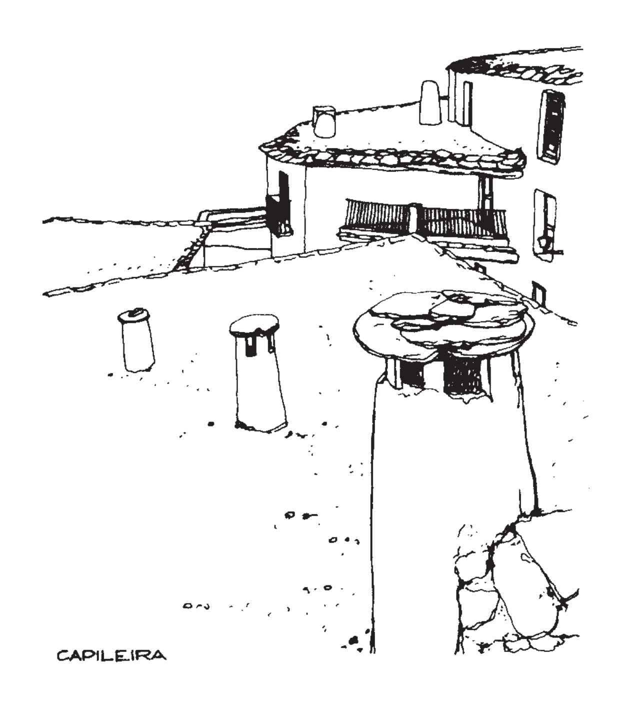


Le patio urbain comme régulateur climatique, générateur d'ombre et de ventilation, Arcos de la Frontera (Espagne).



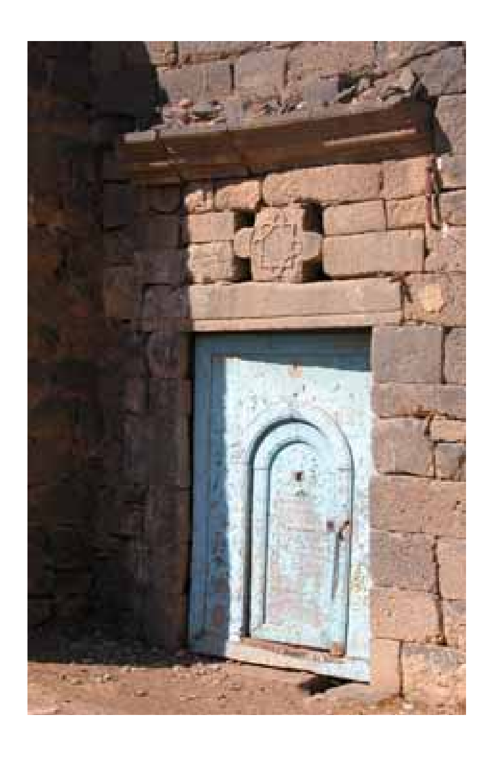


Rue couverte dans L'Alpujarra, Pampaneira (Espagne).

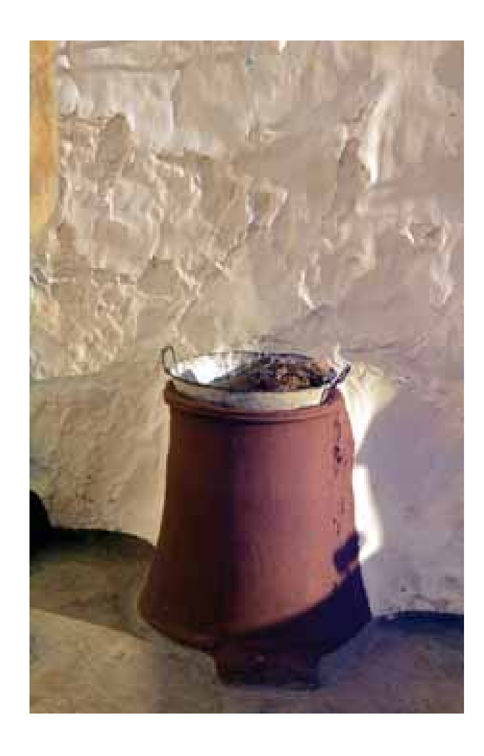


Terrasses et cheminées dans L'Alpujarra, Capileira (Espagne).

1



La réutilisation des matériaux pierreux anciens : Bosra (Syrie).



Un lavoir créé avec des éléments réutilisés, Arcos de la Frontera (Espagne).



Solutions directes et rationnelles, modèle de la beauté moderne, Lucainena de las Torres (Espagne).



La simplicité volumétrique formelle, inspiratrice de l'architecture moderne : le cimetière de Casabermeja (Espagne).

tôt encore, cohabitant avec l'architecture néoclassique à l'époque des Lumières en Europe, on a recherché et utilisé fréquemment les constructions traditionnelles, dans la quête de modèles pittoresques et rustiques dans lesquels primeraient la diversité et la variété des éléments face à la norme rigide classique, pour la création d'une architecture de divertissement ou de plaisir dans les jardins et les grandes demeures de campagne.

De nos jours, une partie de l'architecture contemporaine continue à se rapprocher de l'architecture populaire comme symbole du local, avec un regard imprégné de durabilité et de solutions bioclimatiques et écologiques, face à d'autres langages internationalisés ou décontextualisés, cherchant la spécificité et le lien de l'architecture avec le lieu, dans un monde globalisé dans lequel, souvent, on recherche l'identité dans le local comme forme de reconnaissance.



Les maisons cubiques et blanches qui ont inspiré le langage moderne architectural : maison rurale d'Ibiza.



The *Swiss Cottage*, maison de loisirs avec couverture de paille conçue par John Nash, au début du XIXe siècle, inspirée par l'architecture traditionnelle, à la recherche du pittoresque, opposée à la rigidité de l'architecture néoclassique du moment, Caher (Irlande).

Il n'y a pas le moindre doute que l'architecture traditionnelle méditerranéenne s'est fait et se fait encore une place de référence et qu'elle est prise en considération comme partie du patrimoine culturel construit, soit en faisant partie des quartiers historiques ou d'ensembles architecturaux singuliers soit dans des exemples particuliers, ou encore dans son aspect de bien ethnographique, constituant un héritage historique de nos formes de vie, dans un processus non exempt de difficultés et d'oublis. Et, en tant que patrimoine culturel, elle a en outre un potentiel économique significatif, complétant le reste du patrimoine construit et naturel, comme ressource de connaissances et de loisirs. Toutefois, il n'est pas moins certain que, dans une partie des pays méditerranéens, elle a cessé d'être produite depuis plusieurs décennies et que, dans les autres pays, même si elle demeure encore, on peut la considérer, en employant des termes de naturaliste, comme une espèce en voie d'extinction.

Réhabilitation et espace rural méditerranéen

L'espace rural est le domaine de la plus grande fragilité en ce qui concerne la présence de l'architecture traditionnelle méditerranéenne, où se produisent des phénomènes d'abandon et de transformation destructive en rapport avec l'influence croissante du milieu urbain, l'exode rural qui en découle, l'abandon des implantations rurales et les bouleversements culturels et économiques associés à la mondialisation. L'introduction massive de matériaux industriels, étrangers à la pratique constructive traditionnelle, l'incorporation de types architecturaux exogènes, conjointement aux nouvelles demandes et nécessités concernant l'habitat, et les bouleversements productifs qui sont en train de se produire dans ce milieu rural, auxquels vient s'ajouter l'abandon d'une partie de l'habitat, dans le contexte de la transformation et de la perte des valeurs collectives et individuelles traditionnelles rurales, font réellement que l'architecture traditionnelle se trouve en grand danger de disparition dans ce domaine spatial.

Évidemment, nous ne parlons pas seulement de la maison mais aussi d'une grande partie de l'architecture auxiliaire, tout spécialement celle qui est liée aux processus productifs traditionnels, qui demeurent hors d'usage du fait de la croissante industrialisation et de la modification des modes de travail agricoles et sylvicoles, ainsi que des architectures qui constituent des équipements destinés aux diverses nécessités collectives. En définitive, ce qui est transformé ou en danger de transformation substantielle, c'est l'ensemble de cette architecture, comprise et structurée sous forme de paysage rural.

1

La réhabilitation en tant que mécanisme de récupération de l'architecture traditionnelle ne doit pas être développée uniquement, par conséquent, dans les implantations de type urbain mais aussi, et tout particulièrement, elle doit être étendue à l'ensemble du milieu rural, dans ses différentes échelles, depuis l'ensemble du territoire, où les instruments d'aménagement du territoire liés à la durabilité et au respect de l'environnement revêtent une importance toute spéciale, en passant par les implantations de divers rang et taille, et leurs espaces publics, pour parvenir à l'échelle individualisée de chaque bâtiment et traitement architectural détaillé et où il faut prêter attention aussi bien à la maison qu'au reste des architectures auxiliaires. C'est-à-dire que la réhabilitation doit être entendue comme une technique de récupération complexe, dans laquelle on prête attention aux architectures dans leurs différentes échelles et complexités, qui doit s'intégrer dans une vision, voire un programme intégral de développement local durable et respectueux de l'environnement, où seront indispensables la confluence de points de vue et d'expériences disciplinaires de caractère multiple et la participation de la population.

Simultanément à la formation de techniciens et de constructeurs aux techniques concrètes de la réhabilitation, la nécessaire reconnaissance de cette architecture par les usagers comme faisant partie de leur culture et de leur identité sera très importante pour son avenir. En effet, seul ce qui est reconnu et apprécié sera conservé et transmis aux générations futures. Des campagnes d'explication et de divulgation dans lesquelles on présentera en outre des exemples de réhabilitation à la population seront donc nécessaires ; les réhabilitations soignées exerceront dans le milieu rural un rôle démonstratif plus efficace que mille textes ou discours, et elles permettront de comprendre qu'une architecture telle que l'architecture traditionnelle, intelligemment réhabilitée, peut offrir des niveaux d'habitabilité qui répondent aux expectatives et aux conditions contemporaines. Dans ces campagnes, il faut revendiquer le rôle des artisans locaux, bons connaisseurs des techniques traditionnelles constructives, qui peuvent en outre transmettre leurs savoirs spécifiques au travers d'expériences concrètes de réhabilitation, en les incorporant à la nécessaire formation des futurs constructeurs *réhabiliteurs*.

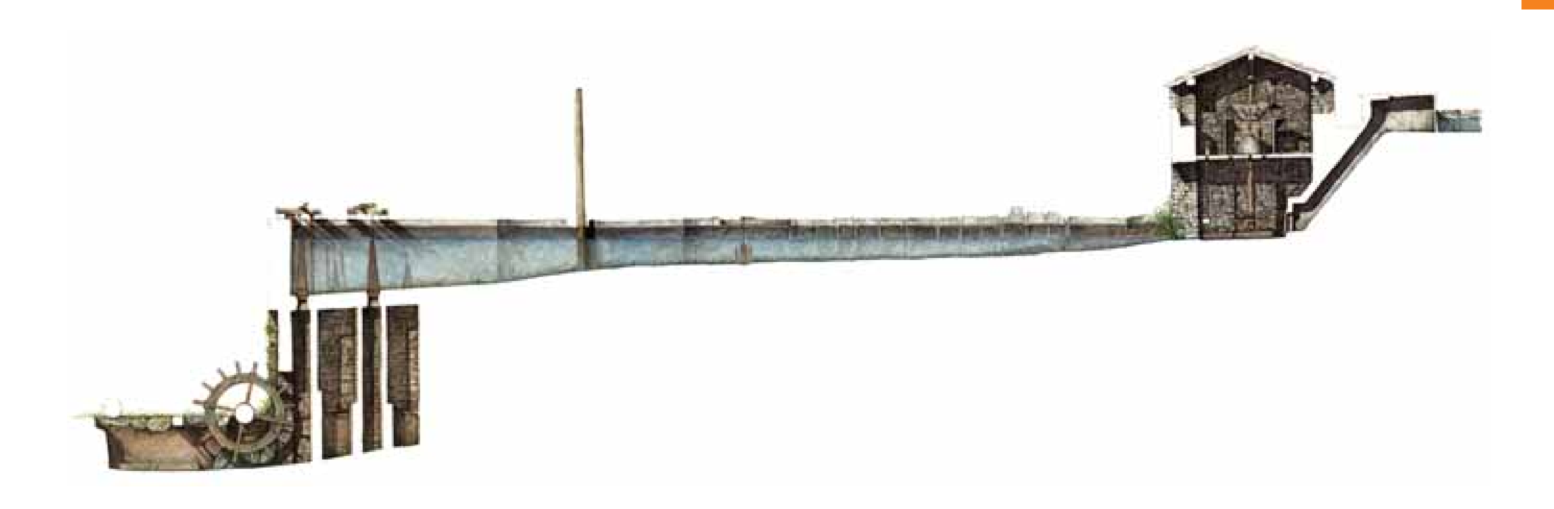
L'architecture traditionnelle se constitue ainsi en une authentique ressource culturelle et économique, base d'un développement adéquat, durable et respectueux de l'environnement, sa réhabilitation étant l'un des leviers de celui-ci dans ces communautés rurales, face aux modèles de nouvelle urbanisation et de nouvelle construction, en évitant l'occupation de terrains agricoles. La pression touristique croissante et les nouveaux usages qui lui sont liés doivent être utilisés intelligemment, aussi bien pour les canaliser dans la direction du renforcement de la réhabilitation de cette architecture que pour éviter d'inadéquates transformations environnementales et socioculturelles des communautés locales. Nous avons signalé en différentes occasions, dans certaines des premières expériences espagnoles dans ce domaine, comment les logements touristiques ruraux peuvent avoir leur propre marque distinctive, au niveau de chaque territoire ou région, en récupérant et en réhabilitant des architectures traditionnelles. Leur intégration dans des



La réhabilitation urbaine, récupération des crépis de couleur, Villajollosa (Espagne).



La reconstruction de pièces architecturales traditionnelles significatives disparues en tant que ressource touristique : maison du marais du Rocío avec couverture de claies, dans le parc national de Doñana (Espagne).



Réhabilitation d'un ensemble hydraulique rural comme ressource touristique. Section de moulin et machinerie hydraulique à Teixois, dans un programme de développement rural réalisé dans les années 80.



Architectures et activités traditionnelles réhabilitées pour en faire un musée vivant : moulin à papier de Capellades, producteur de papier artisanal, section transversale (Espagne).

programmes de développement durable et respectueux de l'environnement est la clé pour déterminer la capacité d'accueil environnemental et socioculturel de chaque territoire, de telle manière que soit conservé un équilibre entre visiteurs et population locale, compte tenu de la limitation et de la fragilité de ses ressources. L'activité touristique qui doit être une pièce de plus au sein des activités économiques locales, sans pour autant se convertir nécessairement en une sorte de monoculture, peut encore agir comme levier activateur pour mettre en mouvement le reste des zones déprimées. Qualité, dispersion et non concentration dans le territoire, conservation des ressources locales, réhabilitation du patrimoine, gestion locale sont quelques-unes des qualités de base qu'un tourisme doit obligatoirement avoir pour être réalisé avec des paramètres de durabilité et de respect de l'environnement, et ne pas constituer une activité incompatible avec la récupération de l'architecture traditionnelle.
La considération spécifique en tant que patrimoine culturel mène nécessairement à sa mise en valeur architecturale relative dans l'ensemble des exemplaires conservés, dans lesquels il existe différents niveaux de qualité et de durabilité, et où l'on doit nuancer les différents efforts d'intervention. L'action de réhabilitation implique la transformation et la destruction partielle des exemplaires à réhabiliter pour leur permettre une nouvelle vie, et la clé est de savoir quelles sont les parties ou les éléments qui doivent être complètement préservés et quel doit être le degré tolérable de transformation, afin d'éviter la perte de leur

1



L'architecture traditionnelle destinée au logement touristique : hôtel dans une maison troglodyte de Matmata (Tunisie).



La réhabilitation des architectures traditionnelles destinées au logement touristique rural : cottages à l'ancienne servant de bed and breakfast, Adare (Irlande).



La réhabilitation comprise comme opération globale architecturale et territoriale, depuis le territoire, ses éléments constitutifs, les implantations, leurs maisons et édifications, les éléments de l'espace public et son intégration avec les éléments naturels etc. Baget (Espagne).

identité. Parallèlement, il existe des exemples qui doivent faire l'objet d'une restauration et d'une conservation strictes, du fait de leur singularité architecturale, historique, ethnographique, fonctionnelle, paysagère etc., en les intégrant dans les politiques de restauration architecturale, avec des utilisations compatibles avec leur conservation intégrale. Ces exemples permettront, en effet, d'expliquer de manière concrète les modes de vie traditionnels, ceux qui ont existé ou existent encore et, parmi ceux-ci, celui qu'il ne faut pas écarter dans certains éléments territoriaux, celui de leur strict rôle paysager. Dans d'autres cas, ils pourront même faire l'objet de reconstruction et d'interprétation, dans le cas d'exemples significatifs aujourd'hui disparus qui peuvent être importants pour l'histoire et la culture d'un territoire concret.

Il est évident que de nombreux exemplaires devront faire l'objet d'une rénovation et d'une substitution, pour des motifs de conservation et d'obsolescence. Le débat dans ces cas-là consistera à déterminer ce que doivent être les caractéristiques de la nouvelle architecture, dans laquelle on devra rechercher la conservation et l'intégration de certains traits typologiques et constructifs caractéristiques, en étant attentif aux expériences d'adaptation climatique et aux valeurs de durabilité et de respect de l'environnement, sans avoir besoin de réaliser des *folklorisations* ou des falsifications de l'architecture traditionnelle.

Il faut se souvenir que, comme tout produit humain, l'architecture traditionnelle n'est pas un produit qui est demeuré inaltérable, ni inaltéré, dans le temps sinon qu'il a aussi fait l'objet d'une évolution nuancée dans sa lente transformation par la tradition. Dans cette architecture, il est possible de trouver des lignes d'évolution, avec l'incorporation de certaines innovations exceptionnelles, où la nouvelle architecture peut s'insérer de manière intégrée sans que sa présence ne signifie nécessairement la destruction de l'image des lieux ou du paysage rural.

Ces architectures constituent, en définitive, un héritage historique de nos formes de vie, et elles ont besoin dans la plupart des pays méditerranéens d'une attention spécifique qui permette leur mise en valeur et leur réhabilitation, et évitent les processus de destruction et de disparition auxquels elles sont normalement soumises. De ce point de vue, il semble nécessaire, au début de ce XXIe siècle, d'étendre les opérations pilotes de réhabilitation appliquées au territoire rural en choisissant les implantations et les types architecturaux significatifs de caractère exemplaire, ce qui permettra de compléter et d'intensifier les efforts de leur récupération habituellement entrepris dans les noyaux historiques de caractère urbain.

Architectures traditionnelles méditerranéennes : valeurs collectives

Michel POLGE
Architecte urbaniste en chef de l'État
Directeur Technique à l'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH), France

Le binôme valeurs d'usage, valeur patrimoniale a des allures de conflit, de choix exclusif, de débat manichéen. Il pourrait être relayé par un autre vieux conflit (français) : ingénieur contre architecte, ou encore « remplaçeur » contre conservateur. Nous ne sortirons rien de ces débats en y entrant par la clef idéologique. Si en revanche on ouvre la question avec d'autres approches comme continuité, réparabilité, amélioration…, on regarde le parc ancien à partir de ce qu'il est : existant, utilisé, réutilisable. Dès lors, on peut travailler sur la marge d'adaptation du parc, sur sa valeur culturelle et sur les conditions de sa durabilité.

1.1 Le siecle ou la mediterranee s'est reouverte

La seconde moitié du 19è siècle est une période charnière. La Méditerranée redevient un axe commercial actif après plusieurs siècles où les conflits ont limité les échanges. A partir de la Renaissance, avec la colonisation de l'Amérique, le commerce atlantique a supplanté le commerce méditerranéen et les échanges en Méditerranée se sont cantonnés principalement aux « grands blocs » : Méditerranée ottomane, Méditerranée européenne, tout en étant limités par les conflits entre ou à l'intérieur de ces blocs. En bien ou en mal, les échanges humains et commerciaux se réactivent dans la Méditerranée au 19° siècle du fait de l'emprise grandissante de l'Europe sur le sud de la Méditerranée, emprise qui va de pair avec le recul de la puissance ottomane au nord comme au sud. Les occidentaux colonisent et développent les échanges commerciaux et vont jusqu'à ouvrir ce cul-de-sac qu'était la Méditerranée par le canal de Suez, lui redonnant un intérêt comme voie commerciale qui va au-delà de ses capacités économiques intrinsèques. A la fin du 19è, la Méditerranée se « mondialise » de nouveau et l'Europe de l'industrie y diffuse ses modèles, évolution qui ne s'arrête pas avec la décolonisation.

Jusqu'au 19 siècle, les savoir-faire se diffusent avec les hommes qui les portent, lentement, les adaptent aux ressources locales, aux matériaux, aux savoir-faire préexistant. L'architecture Renaissance andalouse, la « savante » comme la « populaire », est un exemple remarquable de syncrétisme technique, et bien entendu, les choses ne s'arrêtèrent pas en Andalousie : les Espagnols transportent ensuite leurs propres savoir-faire en Amérique, les Français reprennent des exemples de stéréotomie espagnole à leur compte et les développent, etc. Mais avec les produits manufacturés, ce sont les produits qui se diffusent désormais et à très grande échelle. Il faut des usines pour les produire, donc la production du début de l'industrie est là où il y a du charbon, mais



Deir el Qamar (Liban)

la diffusion se fait tous azimuts, suivant les ingénieurs et les marchands. Ceux qui, localement, mettent en oeuvre n'ont qu'à apprendre comment le faire. A partir de là, il y a « globalisation», « mondialisation » de modèles constructifs et architecturaux, à une échelle telle qu'elle n'avait sans doute jamais existé depuis l'Empire romain, grand diffuseur s'il en est de modèles. La production industrielle rend encore plus radical ce processus d'uniformisation.

1.2 Du destin paradoxal de la tuile de Marseille

A partir des années 1850 et pour plusieurs décennies, des bateaux de commerce partaient de Marseille remplis de tuiles « mécaniques » chargées à fond de cales comme lest puis vendues dans les ports. Ainsi à Alger, à Beyrouth, à Istanbul et jusqu'à Odessa des toits sont couverts avec ce matériau nouveau. Des maisons se couvrent de tuiles « de Marseille » alors que jusque là le besoin ne s'en était pas fait ressentir, a fortiori dans des pays usant traditionnellement de terrasses. Pourquoi ? Sans doute pour de multiples raisons dont les moindres sont des raisons techniques : les tuiles de Marseille ne représentaient pas, pour le sud de la Méditerranée, un « progrès » en ce sens que ce n'était pas un matériau qui en remplaçait un autre sans pour autant nécessiter de changements en profondeur des savoir-faire. Des charpentes mises en oeuvre à Beyrouth avant la guerre de 1914-1918 montrent bien qu'il n'y avait pas de traditions locales de charpenterie adaptées à ce nouveau matériau, ni que l'on maîtrisait l'emploi de ce matériau exogène (pentes minimales...).



Canal de Suez (Égypte)

En fait, la tuile de Marseille a été employée dans ces ports du sud comme un décors. Sans doute s'agissait-il de s'approprier un « signe » d'une architecture étrangère venue des pays riches et puissants du moment. Le ciment, la brique industrielle, de la charpenterie métallique, des techniques nouvelles vont suivre, sans égards pour les savoir-faire préexistants : ces nouveautés importées définissent « en creux » l'architecture traditionnelle : c'est ainsi que l'on faisait « avant » et c'est ce qui disparaît...

1.3 De l'essor des produits manufacturés

Dès lors que la Méditerranée se trouvait de nouveau dans des circuits commerciaux puissants dépassant les bassins traditionnels d'échanges, le phénomène de l'industrie pouvait jouer à plein. L'industrie produisait des matériaux de construction en masse, à bon marché et avec la capacité de les transporter loin et vite : trains, bateaux... Les produits manufacturés inondant le marché, un autre processus se met en oeuvre : l'artisan, comme acteur local du bâti, perd peu à peu ses propres savoir-faire « pluriels » pour disparaître ou devenir applicateur de ces matériaux industriels. L'industrie cherche à éliminer tout obstacle à l'emploi de ses produits : une mise en oeuvre complexe est un de ces obstacles, donc il faut des produits simples d'emploi et de mise en oeuvre, mais employés à grande échelle pour produire beaucoup : de grandes entreprises sont nécessaires, avec une main d'oeuvre sans grande qualification et très spécialisée. L'inverse du monde de l'artisanat traditionnel.

Les modes de construire traditionnels, c'est à dire artisanaux et très locaux, n'auraient pu résister qu'à condition d'être perçus comme valorisants... mais ils ne l'étaient pas. Comme cela s'est produit déjà à l'intérieur des pays premiers industrialisé, les pays nouvellement « conquis » par les produits manufacturés voient d'abord les architectures locales se métisser puis disparaître peu à peu, avec un mouvement de la ville vers la campagne. L'idée que la production bâti pré-industrielle a une valeur en soi est une idée tardive, une idée « distanciée », jamais l'idée de ceux qui l'habitaient lorsqu'elle était encore florissante : ceux-là soit était des riches et recherchaient la nouveauté comme signe visible de leur richesse, soit étaient des pauvres et rejetaient ce qui leur semblait le signe matériel de leur condition. A partir de là et pour plusieurs décennies, l'architecture traditionnelle devient motif de cartes postales et d'artistes attirés par le pittoresque avant d'être mise à mal sous la pioche des nouveaux urbanistes.

Nous n'avons pas a posteriori à juger ce phénomène. En effet, nous voyons aujourd'hui, l'architecture traditionnelle avec un recul considérable : il y a plusieurs générations entre ceux qui l'on vu produire et nous et nous n'avons plus la « religion du progrès » des ingénieurs et des architectes des années 1850-1970. D'autre part, ce qui reste de cette architecture traditionnelle en est la meilleure part : ce qui était construit « bas de gamme », avec trop peu de moyens ou de savoir-faire, a disparu comme disparaîtra la part la plus mal bâtie de l'architecture de l'ère industrielle. Enfin nous avons parfois tendance à regarder le passé et ses « signes matériels » comme une sorte de civilisation merveilleuse, presque un paradis perdu. Ces sociétés passées étaient sans doute pleines de charme... mais pour une part infime de la population. De la même façon opposer les « vertus » de l'artisanat aux « vices » de l'industrie n'a évidemment aucun sens. Donc, l'architecture traditionnelle subsistante doit nous intéresser pour ses valeurs d'usage, ses capacités d'adaptation à des milieux, sa valeur de témoignage. Mais cela n'aurait aucun sens d'en faire la promotion en l'opposant à ce qui a été fait après.

2.1 Que signifie architecture traditionnelle ?

Ce que l'on qualifie d'ordinaire d'architecture traditionnelle se caractérise par plusieurs traits :

- c'est une architecture d'artisans : ses modèles sont ceux du « à la manière de », des modèles physiquement proches et visibles : c'est donc une architecture « topique »
- c'est une architecture sans architecte : ceux-là se réservaient les seules commandes importantes des puissants : monuments, palais... Les architectes utilisaient des modèles « savants », des livres et des traités : ils sont par essence « utopiques » au sens étymologique
- c'est une architecture qui emploie des ressources (matériaux...) extraits ou produits localement : c'est donc aussi pour cette raison une architecture « topique »
- c'est une architecture qui, pour des raisons culturelles et économiques, évolue très lentement d'où l'idée, évidemment fausse, que l'architecture traditionnelle est immuable et intemporelle
- c'est une architecture plus rurale qu'urbaine parce que l'urbain est par nature plus ouvert à l'innovation, à la nouveauté, aux échanges, aux métissages

- c'est une architecture généralement oubliée des histoires de l'architecture beaucoup plus ouverte à l'architecture d'architecte et à l'architecture monumentale, à l'architecture savante, c'est à dire les architectures du pouvoir.

Bien sûr, architecture d'architecte et architecture d'artisan n'étaient pas deux domaines étanches : l'une l'autre s'influençaient : la 2° essayant de copier la 1°, la 1° étant bien obligée d'utiliser les savoir-faire techniques de la 2°.
L'architecture traditionnelle –il est plus juste de dire les architectures traditionnelles– est donc le résultat de processus productifs de l'âge préindustriel. En tant que telle, elle existe donc, pas comme volonté mais comme résultat de ces processus. Le fait même de parler d'architectures traditionnelles, d'inventer ce concept, suppose qu'il y ait une rupture historique avec ces modes productifs. Parler d'architectures traditionnelles est en cela un concept moderne commode, même s'il est simplificateur : s'il existe une architecture traditionnelle, c'est qu'il en existe une qui ne l'est pas; nous avons vu que l'architecture qui fait suite à la rupture due à la production manufacturière et à sa diffusion de masse est effectivement autre. Mais avant même cette époque, la production bâtie était sujette à des tensions, à des évolutions à l'opposition entre architecture « savante » et architecture « populaire » (ou encore entre « architecture d'architecte » et « architecture d'artisan », sans qu'évidemment ces définitions ne soient des jugements de valeur).



Carrelage avec dalles de ciment décorées, entreprise Escofet, 1929 (Espagne)

Donc pour être tout à fait exacte, il vaudrait mieux parler, plutôt que d'architecture traditionnelle, de modes productifs pré-industriels et de modes productifs industriels... en attendant le « post-industriel » qui, espérons-le, saura faire la part des deux processus au profit de ce que l'on appelle déjà développement durable.

2.2 De l'interet porte a l'architecture traditionnelle.

Les réponses habituelles sont diverses et contradictoires :

- le « patrimonial » s'intéresse à la valeur de témoignages des «signes physiques de l'histoire ». La loi sur les monuments historiques française, par exemple, fait explicitement référence « à l'intérêt public au point de vue de l'histoire ou de l'art ». C'est avant tout une démarche *culturelle*.
- le «nostalgique » est critique vis à vis de la société moderne, admiratif devant des modes de vie anciens passablement idéalisés. Pour lui, il s'agit de conserver ce qui reste, de le mettre à l'abri, de préserver des savoir-faire techniques. Son discours est plus celui de la « beauté » que de la « vérité » du patrimoine. Son propos se mêle souvent « d'identitarisme » revendiquant les signes de sociétés locales anciennes, regrettant l'uniformisation apparente du monde actuel et se tournant de ce fait vers le patrimoine avec la passion d'y trouver ce qui faisait différence. C'est une position plus *idéaliste*.
- le « commercial » a compris que le patrimoine était une potentiellement une marchandise de masse
- le « fonctionnaliste » voit dans le bâti ancien ses valeurs d'usage et travaille sur les besoins pour que ce bâti ancien réponde à des critères de qualité contemporains en lien avec la dimension économique : le « fonctionnaliste » apparaît lorsque disparaît l'illusion de la tabula rasa préalable pour construire la ville de demain. C'est une position *réaliste*.

Les approches « patrimoniale » et « fonctionnaliste » sont les deux approches « positives » a priori susceptibles d'aborder de façon raisonnée la question du patrimoine bâti, de sa conservation, de ses transformations, de sa réhabilitation, de son amélioration.
Ces 2 approches ne sont pas a priori contradictoires mais complémentaires puisque s'y côtoient la notion de valeur d'usage et la notion de valeur culturelle. Cela est encore plus vrai si on ajoute la notion de «développement durable » qui permet de dire : mieux vaut réhabiliter que reconstruire, mieux vaux améliorer que refaire, mieux vaut le durable que l'éphémère, l'économe que le dispendieux, des énergies renouvelables que des énergies fossiles, etc.
Et pourtant, tout ne se passe pas aussi bien que cela devrait...
L'approche « nostalgique » ou « identitaire » paraît a priori une attitude réactive peu constructive. Malheureusement, cette approche du patrimoine s'insinue souvent dans des approches

« positives » (celles du « patrimonial » notamment), en confondant l'approche réellement historienne du patrimoine et une approche esthétisante d'autant plus dangereuse qu'elle est très subjective.

L'approche purement commerciale concerne avant tout le tourisme. Ici, il suffit de dire que le tourisme est évidemment une bonne chose par ses retombées économiques dès lors qu'il ne détruit pas ce dont il se sert.

S'il y a un plaidoyer à faire au profit de la réhabilitation des architectures traditionnelles de Méditerranée et d'ailleurs, c'est que se conjuguent bien les différentes approches « positives » : l'approche culturelle/*patrimoniale* et l'approche *fonctionnaliste*/valeurs d'usage. Il s'agit donc de penser ensemble « conservation » et « amélioration », sans survaloriser, oublier, ni nier les approches économiques. Une politique de réhabilitation qui coûterait plus cher que du neuf serait un non-sens socio-économique : le bâti sert en 1° lieu à habiter, à travailler, à vivre, pas à être contemplé. De même une politique de réhabilitation qui ne produirait qu'un habitat, des lieux de travail, etc., nettement moins adaptés à la vie moderne que du neuf se condamnerait elle-même à terme. Donc il faut savoir à la fois conserver et améliorer.

Peut-être bien que le ciment de ces 2 approches est le développement durable : nous savons tous maintenant que la surconsommation des ressources et des richesses telle qu'elle se pratique encore aujourd'hui n'a pas d'avenir.

2.3 Un exemple de conflit inutile entre « patrimoniaux » et « fonctionnalistes » : les fenetres

Dans les opérations de réhabilitation en France, un objet de crispation est souvent les fenêtres dès lors qu'il s'agit de les remplacer.

D'ailleurs, pourquoi remplacer des fenêtres ?

La 1° raison est leur vétusté, par manque d'entretien ou conception initiale déficiente ou tout simplement usure naturelle. Dans ce cas-là, il apparaît –en France tout au moins– normal de jeter la vieille menuiserie et d'en poser une neuve. L'idée de réparer une fenêtre ancienne pour un chantier ordinaire ne viendrait à personne : je me rappelle avoir vu de très belles croisées du 18° siècle partir à la décharge simplement parce que personne n'aurait eu l'idée de chercher, à supposer qu'il ait existé dans la région concernée, un menuisier sachant refaire la partie basse (jet d'eau, rejingot, traverse basse), quitte à poser une seconde fenêtre neuve en retrait pour améliorer la performance thermique.

La 2° raison est de faire des économies d'énergie. Il y aurait beaucoup à dire sur la manière d'aborder les économies d'énergie pour l'ancien. Les solutions techniques sont encore très débattues, mais ce n'est pas le lieu d'entrer dans ce débat. Il suffit de rappeler que les économies d'énergie sont un enjeu public majeur en tous lieux, que l'habitat existant est très souvent un très « mauvais élève » de ce point de vue (en France en tous cas), que les fenêtres sont par définition un poste de travaux qui ne saurait être négligé pour cela. Il n'y a que 2 solutions : la production d'énergie nouvelles, l'amélioration des performances de l'existant. Donc on remplace, faute de savoir réparer des fenêtres existantes de qualité et de les renforcer (par exemple par des doubles fenêtres). Du coup, le débat, au lieu de porter sur les « bonnes solutions techniques » pour réparer/renforcer, se reporte sur l'esthétique de l'apparence : mettre des petits bois, utiliser du bois... Le réflexe « bois » est le plus automatique : mais sommes-nous sur que le bois que nous utilisons aujourd'hui pour faire des fenêtres, par les produits de traitement qu'il contient, par la provenance connue ou pas de la ressource, est si automatiquement « développement durable » que cela ? Ne faut-il pas pousser la démarche un peu plus loin ?

On est bien là aux limites de l'exercice : il est facile de voir que la question esthétique est mineure, bien que mise au 1°plan, et que la vraie question technique et patrimoniale est in fine laissée de côté faute de solutions techniques adaptées : à notre connaissance, il n'y a guère que les Danois qui aient abordé cette question avec une approche plus développement durable : conserver et réparer des fenêtres existantes avec une chaîne de production pour cela, renforcer les ouvrages pour obtenir de meilleures performances.

Cet exemple montre en tous cas comment le débat sur la réhabilitation est facilement faussé dès lors que l'on oppose au lieu de les conjuguer approche patrimoniale et approche « valeurs d'usage ». On voit aussi qu'il faut chercher, là comme beaucoup d'enjeux techniques en réhabilitation, des solutions de compromis, au bon sens du terme, en laissant de côté des questions esthétiques par définition subjectives. Dans l'exemple cité, les bonnes questions sont :

- la fenêtre en place est-elle un élément d'intérêt patrimonial (par son ancienneté, par la technique mise en oeuvre) et donc comment la réparer et la conserver ?
- Dans ce cas, comment améliorer la performance thermique et acoustique : en renforçant l'ouvrage ? Avec une double fenêtre ? Dans ce cas comment traiter les questions connexes (ventilation...) ?
- si on ne garde pas la fenêtre d'origine par quoi la remplacer et, surtout, par quel matériau ?

En posant les questions ainsi, la question esthétique reprend sa place normale : secondaire. Ce qu'elle d'ailleurs toujours été : pas un traité d'architecture ancien ne traite la question des fenêtres et de leur dessin autrement que comme le ferait un ingénieur pénétré de rationalisme. La vraie question pour un menuisier traditionnel, qu'il ait travaillé pour un architecte ou pour un client modeste, était : comment avoir le plus de lumière possible (capacité à utiliser des vitrages très transparents et de grandes tailles pour limiter les petits bois et qui plus est à un prix abordable) ? Comment avoir des ouvrants les plus grands et les

moins déformables possibles ? Comment faire en sorte que l'ouvrage soit étanche à la pluie et au vent (invention des gueules de loup et des noix et contre-noix au 18° siècle par exemple) ? La beauté de ces fenêtres traditionnelles n'était rien d'autre que la capacité à, peu à peu, fabriquer des produits rationnels, performants et durables. La leçon est plus là que dans leur supposée esthétique. En reprenant la question comme cela, on éviterait les ersatz de fenêtres à l'ancienne que l'on voit trop souvent maintenant dans des quartiers protégés et qui ne satisfont ni l'historien ni le technicien...

3. L'architecture traditionnelle : quel profit aujourd'hui ?

De ce qui vient d'être dit, on peut retenir plusieurs raisons de réhabiliter l'architecture traditionnelle.
Premièrement, et c'est sa valeur la plus reconnue par les « sachant » comme par le grand public, elle a une valeur de témoignage, une valeur patrimoniale : la conserver, c'est garder une mémoire. Garder une mémoire non par nostalgie ou par manie identitaire, mais parce que c'est un besoin humain que de s'inscrire dans le temps et, pour ce faire, d'en garder les signes, de garder visibles des traces physiques. C'est pour avoir compris cela que les conquérants cherchent à détruire non seulement les gens mais aussi les monuments et les villes. La destruction de Varsovie fut un drame emblématique de ce point de vue.
Mais l'architecture ordinaire ne peut servir seulement de témoignages. Ce ne peut être des coques vides conservées comme des objets de musée. Il y a des monuments pour cela, au sens premier du terme. L'architecture est avant tout fonctionnelle et ne peut se légitimer sans cela.
Or cette légitimité du maintien et de la réhabilitation des quartiers anciens, l'échec des politiques de rénovation urbaine de l'après 2° guerre nous en montre la nécessité. Il n'a pas fallu longtemps pour constater que la destruction systématique de centres anciens au profit de quartiers totalement neufs n'était que l'illusion dangereuse qu'il suffisait de refaire tout à neuf pour obtenir un monde meilleur. Cette utopie, au sens étymologique du terme (rappelons que dans les années 1950, des urbanistes pensaient qu'il fallait construire pour 30 ans puis de nouveau détruire et reconstruire encore mieux) s'est rapidement heurtée à la réalité et en 1° lieu à l'impasse économique de cette voie, sans même parler des réactions humaines. La réaction a été si vive, que l'on est arrivé bien souvent à l'excès inverse : vouloir tout garder, condamner sans appel le béton –curieuse confusion idéologique entre des formes et un matériau–, pasticher la ville et les architectures anciennes, comme si la ville n'était qu'un décor abstrait (au demeurant, l'erreur du pastiche est la même que celle des partisans anciens de la *tabula rasa* : croire que la forme est génératrice du contenu). Savoir réhabiliter, c'est aussi savoir démolir, donc choisir.
Donc, mettons sans vergogne l'économie au centre de nos préoccupations : améliorer à un coût abordable, avec l'idée de durée, est évidemment plus acceptable que de refaire à neuf sans cesse, abandonnant ce qui hier encore était utile et peut l'être encore pourvu que l'on s'en donne les moyens.
Mais alors, il ne suffit pas de conserver : il faut aussi améliorer. Le bâti traditionnel a traduit avec les moyens d'époques successives les besoins de ces époques. Ces besoins ne sont pas immuables pas plus que quelqu'un n'accepterait de vivre maintenant dans les conditions d'il y a 2 ou 3 siècles s'il peut avoir accès à ce que notre temps fait de meilleur. Améliorer, c'est prendre en compte des besoins toujours en devenir en matière de sécurité, de santé, d'économies d'énergies et de ressources. L'architecture ancienne n'est pas une production idéale platonicienne qui n'aurait besoin que d'être redécouverte et réévaluée. L'hygiénisme n'est pas mort avec les utopies urbaines du siècle dernier : encore et toujours la production bâtie, qu'il s'agisse de neuf ou de réhabilitation, doit apporter l'air et la lumière, améliorer les conditions de vie des habitants, s'adapter, dans les villes méditerranéennes plus encore que dans beaucoup d'autres. La réhabilitation, c'est un projet, pas un « revival ».
Et enfin, l'architecture traditionnelle peut nous donner des leçons. Sans l'idéaliser pour autant, on constate que, dans ce qu'elle a de meilleur, elle a su traiter « à l'économie », des questions techniques pour lesquelles nos solutions modernes fonctionnent mais à trop grand prix. On a su utiliser les matériaux locaux avec profit, on a su ventiler des maisons de pays chauds sans débauche de climatisation, on a su aussi souvent mettre en avant les savoir-faire humains plutôt que la rareté et la richesse des matériaux. Là, il y a des leçons à prendre, sans copier servilement mais en sachant tirer le meilleur des expériences passées.



Gokçuogen (Turquie)

Les valeurs sociales et culturelles du patrimoine en Palestine : Les valeurs de qui ? Des praticiens ou des propriétaires ?

Suad AMIRY
Docteur en Architecture
Directeur du Riwaq-Centre for Architectural Conservation, Ramallah, Palestine (A.N.P.)

Farhat MUHAWI
Architecte
Architecte associé à l'Arco Office, Ramallah, Palestine (A.N.P.)

La patrimoine culturel en Palestine est riche et varié. En plus de ses nombreux sites monumentaux religieux tels que le dôme du Rocher, l'église de la Nativité, le Saint-Sépulcre, et la mosquée Ibrahimi, la Palestine possède un grand nombre de monuments historiques de grande valeur qui datent de différentes périodes historiques et qui relèvent de styles architecturaux différents ; les plus importants étant les bâtiments publics de l'époque Mamelouk du XIII[e] siècle à Jérusalem. En outre, la Palestine possède des centres de villes historiques tels que les vieilles villes de Jérusalem, d'Hébron, de Naplouse et de Bethléem. Par ailleurs, les villages palestiniens, avec leur architecture paysanne si belle au plan organique, ajoutent à la variété et à la richesse de ce patrimoine. Les monastères du désert situés sur les pentes orientales illustrent une autre typologie, comme c'est aussi le cas de l'« architecture de village du trône », qui fait référence aux palais féodaux des XVIII[e] et XIX[e] siècles de la Palestine rurale. Les caravansérails situés le long des routes commerciales historiques, en plus des lieux saints dispersés (*maqamat*), et les maisons fermes magnifiquement construites en pierres sèches, au milieu des collines en terrasses typiques de la Palestine, illustrent aussi la variété et la richesse du patrimoine culturel qui a été confié au peuple palestinien par la communauté mondiale dans son ensemble. La vieille ville de Jérusalem a été incluse dans la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en 1981. Une liste provisoire de vingt sites du patrimoine culturel et naturel en Palestine[1] d'une possible valeur universelle exceptionnelle a aussi été préparée en juin 2005 par le Ministère du Tourisme et des Antiquités au travers d'un processus de consultation qui a impliqué des experts palestiniens de différentes institutions du patrimoine culturel.

Comme la plupart des pays du Tiers Monde, la protection du patrimoine culturel en Palestine fait face à un grand nombre d'obstacles et de défis qui font de sa protection (sans parler de son développement) une tâche extrêmement difficile. De telles difficultés peuvent varier depuis le manque de cadre légal approprié ainsi que le manque de ressources humaines qualifiées dans la plupart des domaines du patrimoine culturel (conservation, gestion, documentation, planification etc.), à l'absence d'une politique nationale pour la protection et par conséquent au manque de budgets. La rareté du terrain dans les zones A et B[2] résulte des accords d'Oslo en 1993 ; le manque d'une autorité du patrimoine culturel efficace, en plus du développement urbain non planifié, tentaculaire et chaotique, qui a eu lieu au cours de ces dix dernières années, a laissé le



Mazra'a Alquiblia [Rula Halawani, RPA-Archives photographiques de Riwaq]

patrimoine culturel en Palestine sous menace permanente de destruction. Plus encore, le patrimoine culturel n'a pas encore été déclaré comme priorité dans l'agenda national, et il est encore considéré comme une charge plus que comme un facteur de développement économique et social.

Les valeurs sociales et culturelles : Quelles valeurs ? Celles des praticiens ou celles des propriétaires ?

Cet article tente de porter un éclairage sur le thème des valeurs sociales et culturelles (et autres) du patrimoine culturel dans le cas de la Palestine. Il tente de présenter les raisons qui expliquent l'immense désaccord qui existe entre les valeurs esthétiques, historiques, scientifiques et sociales « partagées » par les experts du patrimoine culturel et les praticiens (celles des chartes et des congrès internationaux tels que la convention UNESCO de 1972 et la charte Burra), et celles des profanes et des propriétaires des propriétés du patrimoine culturel. Ce fossé est-il beaucoup plus grand dans les pays en voie de développement, comme la Palestine, que dans les pays occidentaux développés ? Et si c'est le cas, pourquoi ? Et quelles sont les conditions nécessaires pour bâtir un pont franchissant ce fossé ?

Si l'on accepte l'hypothèse que reconnaître la valeur du patrimoine culturel est la première condition nécessaire à sa protection, alors la question devient : quelles valeurs, et pour qui ?

Il est vrai que le patrimoine culturel (pour nous, spécialistes et praticiens) devrait être protégé pour ses propres mérites étant donné qu'il représente la mémoire collective de nations, d'une



Al Nabi Mousa sur la route de Jéricho [John Torday, RPA]



Vallée Artas [John Torday, RPA]



Mer Morte - Jéricho [John Torday, RPA]

communauté, d'un ensemble de peuples, l'histoire, et qu'il constitue une composante importante de son identité. Cependant, cela ne semble pas être pertinent même pour des gens tels que les Palestiniens, dont le patrimoine culturel a été la principale cible d'éradication et de destruction dans le conflit en cours avec l'État d'Israël.

Suite à la création de l'État d'Israël en 1947 et suite à la politique israélienne continue depuis trente-huit ans de saisir toujours davantage de terres de la rive ouest, les Palestiniens ont perdu une grande partie de leur patrimoine culturel : éradication de centaines de villages, démolition de nombreux quartiers historiques. Plus important encore a été la judaïsation systématique de la terre (qui se manifeste par la construction de davantage de colonies), qui a pour résultat la dramatique modification du caractère de celle-ci, de la campagne et des implantations humaines ; passant d'un caractère arabe à un caractère occidentalisé[3].

La question pertinente qui pose un défi est donc : de telles pertes dramatiques ont-elles fait que les Palestiniens apprécient davantage les parties restantes de leur patrimoine culturel ?

Les auteurs de cet article pensent que la triste et surprenante réponse à cette question est NON.

Cela se manifeste évidemment dans les destructions quotidiennes alarmantes que l'on peut voir dans les centres historiques de toutes les villes et les villages palestiniens. C'est aussi manifeste dans l'État-major de la Muqata' de l'ancien président Arafat à Ramallah qui a été le témoin d'événements historiques et avec un personnage tel que lui, non moins historique. Comment se fait-il que cet édifice ait été si facilement démoli ou « nettoyé » et qu'aucune trace ne reste de cette mémoire collective ? On peut dire la même chose en Égypte, où la maison de la chanteuse la plus aimée dans l'histoire du mode arabe, c'est-à-dire la villa de Um Kulthum au Caire, a été démolie sans qu'il ne soit fait pratiquement rien pour la protéger.

De tels tristes exemples nous font nous demander, en tant que praticiens : dans quelles circonstances ou dans quelles conditions, ou encore de quoi les gens ont-ils besoin pour apprécier leur patrimoine culturel ? Comment pouvons-nous faire en sorte que les gens croient aux valeurs du patrimoine culturel quand les besoins de la vie quotidienne de base des propriétaires de ce patrimoine ne sont même pas comblés sous l'occupation militaire israélienne ?

Étant donné qu'une longue discussion se situe bien au-delà de la portée et de la longueur de cet article, les auteurs choisissent de poser les questions pertinentes sans nécessairement y répondre.

Cela nous mène au thème ou concept le plus complexe de privé *versus* public : comment les concepts d'espace privé / de propriété et d'espace public / de propriété publique fonctionnent-ils dans ce cadre ? Comment le caractère sacré de la propriété privée se positionne-t-il par rapport aux intérêts et valeurs publics ? Et en conséquence, le thème de l'appartenance de ce

patrimoine : à qui appartient-il ? Comment le concept de citoyen, ou son absence, joue-t-il un rôle dans cette protection ? Quel est le rôle des gouvernements quant à la protection des droits du public ? Et quel est exactement le rôle des gouvernements, central comme local ? Et, tout particulièrement dans le cas de la Palestine, comment l'absence d'une classe moyenne joue-t-elle un rôle positif ou négatif en cette matière (thèmes de ramification) ?
Enfin, nous voudrions dire que ce n'est qu'au travers de la valeur économique du patrimoine culturel que les peuples des pays du Tiers Monde commencent à apprécier leur patrimoine architectural, c'est-à-dire à partir du moment où le patrimoine culturel devient une source de revenus économiques.



Beit Wazan [Mia Grondahl, RPA]



Naplouse [Rula Halawani, RPA]

---

[1] Pour davantage d'information, voir : *Inventory of Cultural and Natural Heritage Sites of Potential Outstanding Universal Value in Palestine*, juin 2005. Autorité Nationale Palestinienne, Ministère du Tourisme et des Antiquités, Département des Antiquités et du Patrimoine culturel.

[2] Zones A : Zone qui était sous le contrôle administratif et de sécurité de l'Autorité nationale palestinienne (PNA) après le processus de paix d'Oslo. Zones B : seulement le contrôle administratif de l'Autorité nationale palestinienne.

[3] Pour davantage d'information sur ce sujet, voir : Benvenisti, Meron (2000), *Sacred Landscape: the Buried History of Holy Land since 1948*, University of California Press, Berkeley, Californie.

Le patrimoine architectural : adaptation, exploitation et entretien

Abdelaziz BADJADJA
Architecte
Professeur d'architecture à l'Université de Constantine, Algérie

Le patrimoine architectural ancien éveille aujourd'hui pour la majorité un sentiment d'indifférence voire d'hostilité car les bâtiments construits dans le passé ne répondent plus aux besoins ou aux goûts « architecturaux » du moment. Le bâti ancien, du fait de sa vétusté, ne doit pas tomber dans la désuétude mais céder la place à l'intérêt et à la prise de conscience de sa valeur cognitive et émotionnelle ; la nécessité d'assurer la conservation du patrimoine culturel doit trouver une large compréhension et accéder à la sensibilité de toutes les sphères sociales.
Cependant, l'intérêt qu'éveillerait la sauvegarde de ce précieux héritage menacé n'exprime aucune tendance à négliger en sa faveur les besoins de l'heure présente, tout au contraire, il est la conséquence des changements intervenus dans la mentalité, les inclinations et les aspirations de l'homme contemporain. La conservation des édifices anciens doit s'inscrire dans une campagne de plus grande envergure ayant pour objectif la protection et l'amélioration du cadre de vie de l'homme.



Explotations abusives

Du fait de leur développement accéléré et de la densité croissante de leur population, les villes ont subi une altération profonde tant sur leur structure figurative que constructive. Les constructions prédominantes à usage d'habitation accusent des changements importants : les rez de chaussée, les demi niveaux sont pour la plupart reconvertis en activités commerciales ou artisanales.
Ces exploitations abusives sont imputables aux conditions socio-économiques des habitants. Les familles ont de faibles revenus, les jeunes sont souvent sans emploi mais désireux d'accéder à un certain statut social, enfin l'ouverture du marché offre des possibilités intéressantes face à la demande et aux besoins d'une population croissante.
Ces modifications effectuées souvent sans la concertation d'un professionnel sont souvent préjudiciables au bâti. En effet le choix d'une nouvelle fonction quand elle se révèle nécessaire est infiniment plus subtil à effectuer car il pose un certain nombre de questions de fond : comment conserver dans le changement de fonction, le caractère architectural de l'édifice ?
Ainsi donc, les travaux d'adaptation à la nouvelle fonction (passage de l'habitation au commerce) conduits souvent sans le concours de l'architecte portent atteinte à l'édifice ; ces atteintes se situent à différents niveaux :



Zaouya Sidi Abderrahmane. Constantine (Algérie).

Altération de la structure figurative et du profil urbain

Le caractère architectural de l'édifice s'est effacé devant les apports exigés par la nouvelle fonction. Les travaux d'adaptation ont masqué ou dénaturé son ordonnance et son décor. Cette attitude qui consiste à moderniser selon le goût du jour par un bouleversement complet ne tenant pas compte du caractère de la construction, se traduit par des atteintes dures parce qu'irrémédiables :

- modification des ouvertures en façade,
- suppression des modénatures (bandeaux, corniches, appuis, niches…),
- distribution nouvelle ne tenant pas compte de l'ordonnance des façades,
- utilisation du béton qui vient se substituer à l'existant,
- ravalement de la partie basse de la façade au moyen d'enduit, ne permettant plus au mur généralement en pierre de respirer,
- remplacement des menuiseries anciennes par des modernes,
- utilisation d'un éclairage artificiel ostentatoire (néon, spots),
- emploi excessif de matériaux modernes (dalle de sol, marbre,

revêtements muraux divers, vitrines et présentoirs en aluminium…) caractérisés par une polychromie et une texture contrastant considérablement avec les matériaux traditionnels enveloppés d'une patine qui leur confère une beauté véhiculant le savoir-faire séculaire des hommes.

Déstabilisation de la structure porteuse
Le réaménagement implique la résolution d'un certain nombre de paramètres pour permettre une exploitation optimale du lieu. Généralement les travaux portent sur :

- l'agrandissement des surfaces,
- insertion de nouveaux équipements intérieurs
- l'augmentation des hauteurs sous plafond,
- l'éclairage et l'aération des volumes intérieurs,
- le traitement des espaces,
- la réfection des réseaux d'assainissement devenus impropres.

L'ensemble de ces opérations quand elles sont menées sans l'avis du professionnel en la matière aboutit à des solutions souvent aberrantes menaçant de ce fait la stabilité de l'ouvrage :

- des ouvertures importantes (vitrines, fenêtres…) sont pratiquées sur des porteurs verticaux, et /ou sur des porteurs horizontaux (trémies pour le passage d'un escalier, trappe d'accès au niveau supérieur…),
- les planchers sont surchargés (dépôt de marchandises, appareils divers…),
- les désordres existants ne sont pas traités mais ignorés et cachés, on a recours par exemple à des revêtements muraux (faïence, papier peint) pour cacher les manifestations inesthétiques des maladies telles que boursouflures, taches noires dues à l'humidité, etc.

Manque d'entretien

Les occupants des habitations des vieux centres sont pour une grande part locataires et entretiennent souvent des rapports mitigés avec les propriétaires. Leur niveau culturel (peu ou pas instruits) associé à leur niveau socio-économique (couche sociale d'origine rurale ayant son mode d'appropriation de l'espace et caractérisée par une famille nombreuse à faible revenu) constituent des facteurs déterminants dans leur attitude négative et pernicieuse à l'égard de leur cadre bâti dévalorisé parce que vieux, dégradé, et exigu. Leur cadre de vie qui se résume parfois à une pièce à un taux d'occupation élevé, est peu entretenu voire complètement délaissé ; les raisons de ce comportement sont imputables à :



Constantine (Algérie).



Dar Meharsi. Constantine (Algérie).



Cour dans la médina. Constantine (Algérie).

- l'ignorance et la négligence, les occupants ne considèrent même pas les désordres comme maladies graves et évolutives et ne soupçonnent même pas l'ampleur des dégâts ultérieurs,
- faute de moyens, les travaux engendrés par les désordres impliquent des sommes d'argent dont ne dispose pas l'occupant,
- l'attitude est volontaire dans l'espoir de se faire attribuer un logement,
- la situation d'acquisition du logement, étant locataires, ils ne se sentent pas concernés par la remise en état. Le propriétaire quant à lui est soit absent, soit il n'a pas les moyens ou il est en litige avec les copropriétaires ou les voisins mitoyens (l'imbrication des constructions définit difficilement les parties sur lesquelles chacun doit intervenir).

Il résulte de cet état de choses une absence quasi totale de prise en charge de l'édifice qui se traduit d'une part par le manque d'entretien et d'autre part par un usage abusif.

Il ne faut pas négliger l'entretien d'une construction, car il permet d'éviter les désordres plus ou moins graves ; un bâtiment est soumis inconditionnellement à un processus de vieillissement dû à de multiples agents extérieurs qui le minent et limitent dans le temps sa solidité. Il y a lieu également de traiter préventivement les différentes parties susceptibles de causer des désordres : révision des toitures et des descentes, protection des maçonneries par l'entretien des enduits ou des joints, traitement des bois…

L'usage inapproprié ou abusif peut également être la cause de maladies graves et évolutives, tel que notamment la surcharge des planchers (réserves d'eau, entassement des objets dans une petite surface), la sollicitation excessive de certains éléments de la structure (encombrement des raidisseurs et des tirants), et l'accomplissement inadéquat des tâches ménagères (lessive à grande eau répétée entraînant à la longue le pourrissement des éléments en bois, surtout au niveau des appuis).

Enfin dans le cas ou il y a prise en charge, les désordres sont traités superficiellement : on s'attaque aux symptômes et non au causes : colmatage des fissures, grattage des enduits décollés et réfection partielle, pose de planches sur plancher incurvé (fléchissement) pour retrouver l'horizontalité du niveau.

Pourtant un édifice ou un ensemble architectural bien conservé constitue pour les habitants d'une ville, une leçon de tenue, d'esprit civique et d'exigence culturelle, le symbole d'une communauté. De ce noyau qui ne doit être ni un musée, ni un corps étranger, dérive toute l'ambiance de la cité.



Casbah. Constantine (Algérie).

Au sujet des valeurs bioclimatiques dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne

Xavier CASANOVAS
Architecte technique
Directeur du projet européen RehabiMed (Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona) et professeur au Département de Constructions architecturales II, a l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Ramon GRAUS
Architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone, (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

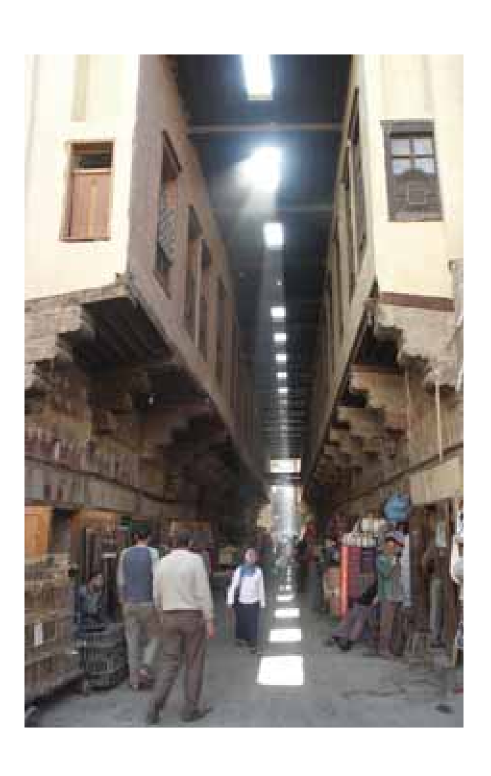
L'architecture traditionnelle du bassin méditerranéen révèle aujourd'hui encore une extraordinaire richesse. Elle est le fruit et le miroir de sociétés habituées aux échanges intenses, c'est donc naturellement et grâce à ces derniers qu'elle a pris forme lentement.

Il est important de souligner que cette architecture disparaît peu à peu dans la mesure où elle répondait, à l'origine, à une logique que l'on pourrait qualifier de préindustrielle, où les changements se faisaient peu à peu, où les formes de l'architecture se distillaient avec le temps et où les techniques de construction étaient transmises de génération en génération, d'un père constructeur à un fils également constructeur (les « maîtres » ou « *maalem* » en arabe). Les sociétés qui habitent le bassin méditerranéen ont expérimenté de profonds changements depuis l'arrivée de l'industrialisation, point de départ de ce que l'on appelle aujourd'hui la mondialisation. Les communautés qui ont construit et habité cette architecture ont disparu, se sont éteintes, et d'autres perspectives l'animent aujourd'hui (les migrations, la conversion en tant que résidence secondaire, la ghettoïsation, la gentrification, la perte de la valeur immobilière face à la construction de nouveaux immeubles à leur emplacement, etc.[1]).

Le regard empreint de mélancolie et de romantisme qu'elle nous inspire nous fait oublier que ses habitants doivent pouvoir la transformer pour l'adapter aux nécessités mais aussi aux rêves et aspirations de notre époque. Nous tenterons ici de dévoiler la richesse de cette architecture du point de vue bioclimatique et de réfléchir aux possibilités de la réhabiliter en tirant profit des possibilités qu'elle offre et en lui apportant le soin et le respect qu'elle mérite.

La maison quelque part en Méditerranée

Si tant est que nous osions parler d'architecture traditionnelle méditerranéenne[2], il importe à cet égard d'insister sur sa grande diversité. Du point de vue climatique, la Méditerranée se caractérise par un climat tempéré qui s'altère rapidement au sud



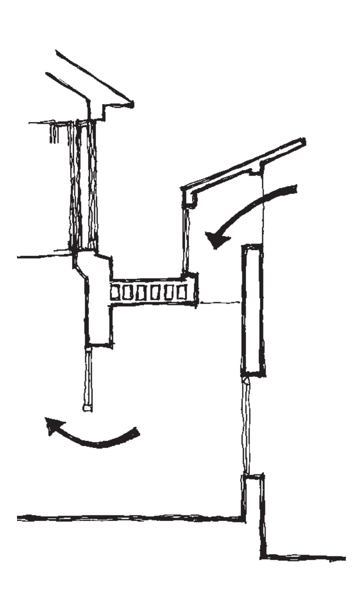
Passages couverts au Caire (Égypte).

où le climat est chaud et aride tandis que le froid domine au fur et à mesure que l'on avance à l'intérieur du continent et que l'on monte en altitude[3].

Son architecture traditionnelle répondait à un besoin d'équilibre entre les différentes attentes de ses habitants (l'usage même du bâtiment, l'économie de subsistance), les matériaux de construction disponibles et surtout, la protection face à l'environnement naturel.

Force est notamment de constater que plus les conditions climatiques sont dures, plus l'architecture traditionnelle se pare de formes radicales et ingénieuses. Les maisons cossues du Caire en

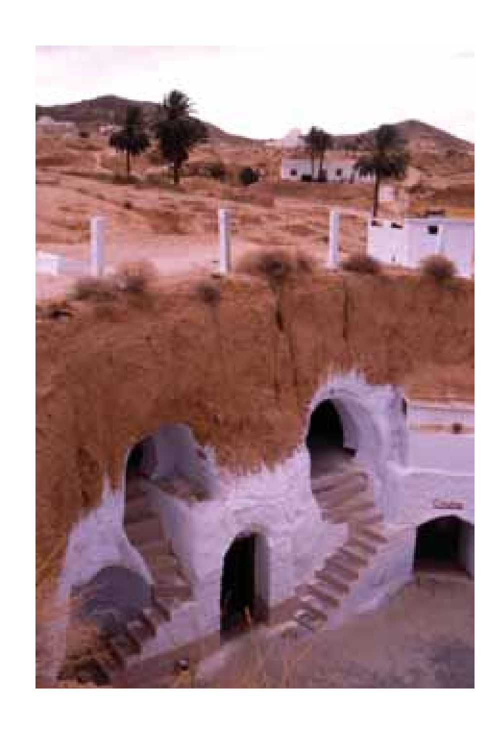




Le malqaf d'El Set Wasela (Égypte) et son schéma de fonctionnement qui permet la ventilation des pièces.

Égypte avaient par exemple développé le *malqaf*, une espèce de capteur d'air originaire des régions chaudes de Perse permettant de capter le vent du Nil et de l'envoyer dans les différentes pièces principales de l'habitat pour les ventiler. D'autres lieux chauds et secs de la Méditerranée marqués par des nuits plutôt fraîches, (Matmata en Tunisie, Cappadoce en Turquie, Guadix ou Paterna sur la péninsule Ibérique, Matera en Italie) ont expérimenté des habitats troglodytes, à savoir des habitats enterrés dans un sous-sol meuble afin de profiter de l'inertie thermique du terrain.

Dans le cas des climats montagneux plus froids, la cuisine (également foyer énergétique) est aménagée au centre de la maison avec des murs qui jouent le rôle d'isolant thermique au







Logements enterrés à Matmata (Tunisie).

Logements enterrés à Paterna (Espagne).

1







Maison isolée des pré-Pyrénées à Guixers (Espagne), la cheminée et le grenier.

sens où ils évitent que la chaleur ne parte à l'extérieur. Dans la plupart des pays méditerranéens, les maisons sont construites en hauteur (sur deux ou trois étages), les animaux trouvaient naturellement place dans les écuries semi-enterrées et la chaleur ainsi dégagée réchauffait la maison (en été, ils retrouvaient le chemin des champs et l'intérieur gardait ainsi de sa fraîcheur), les récoltes séchaient quant à elles sur les greniers aérés et se convertissaient en un excellent isolant.

Cela dit, lorsque le climat devient plus tempéré et que l'héritage culturel est fort, la répétition d'un modèle concret d'architecture est davantage liée à la culture d'une société qu'au climat proprement dit. Prenons par exemple la configuration d'une



Cour intérieure d'une casbah dans le ksar Tamnougalt (Maroc)



Cour intérieure de Dar Ben Abadía à Tunis (Tunisie)

maison avec cour, petite et étroite, là où le climat est désertique (le *ksar* de Tamnougalt dans le Maroc présaharien[4]), et dont le rôle consiste à emmagasiner l'air froid de la nuit en vue d'apporter une certaine fraîcheur pendant le jour ; cette cour laisse passer l'air tout en filtrant les rayons du soleil et le sable. Là où le climat est plus clément, la cour devient plus spacieuse sans toutefois jouer une fonction bioclimatique claire dans la mesure où cet espace extérieur protège l'intimité des habitants d'une maison tournée vers l'intérieur, comme il est de coutume dans la tradition islamique.

Par ailleurs, le mot « tradition » invite à une certaine méfiance. À quel moment un bâtiment devient-il traditionnel, et en quoi l'est-il ? Par exemple, en Méditerranée, les lignes de division entre l'architecture traditionnelle et l'architecture monumentale sont ambiguës et diffuses. La maison traditionnelle libanaise, connue sous le nom de « maison aux trois arcs »[5] présente une structure et un mécanisme très proches de ceux des maisons de terre ferme vénitiennes, du mas catalan ou de la maison ottomane à sofa central.

Compte tenu des considérations précédentes, nous pouvons en déduire que l'architecture traditionnelle méditerranéenne est essentiellement présente dans des zones au climat tempéré. Pourtant, comme le dit Rafael Serra, les facteurs liés au climat tempéré « ne sont pas plus nombreux que pour les autres types de climat, moins durs, mais se distinguent en ce qu'ils peuvent coexister. Le froid en hiver, sec ou humide, distinction sans importance dans le cas des climats plus rigoureux mais qui se révèle l'être dans le cas présent. La chaleur en été (sèche ou humide) presque aussi forte si on la compare avec les autres climats, bien qu'elle ne dure que peu de jours. Il faut citer enfin le problème du temps incertain de l'entre-saisons, marqué selon les cas par des températures très basses ou très élevées sur de courtes périodes[6]. »

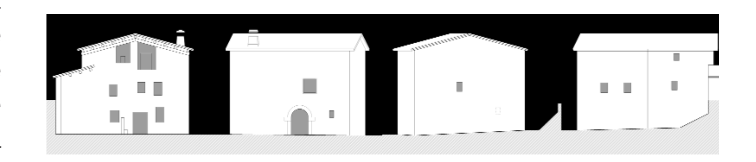
L'art du bon emplacement et les espaces intermédiaires

Nous n'apprendrons à personne que l'architecture traditionnelle possède un savoir-faire particulier au moment de se placer sur le territoire. Nous commencerons donc par là. Une architecture dont l'emplacement au sol a été mal pensé offre difficilement les vertus bioclimatiques que l'on attend d'elle car le sol est un paramètre essentiel. Trouver l'emplacement juste implique de se protéger, de profiter du vent, d'orienter les pièces selon qu'elles sont réservées à la vie de jour, de nuit, etc.

Nous souhaitons insister ici sur l'idée évoquée plus haut selon laquelle plus le climat est rude, plus les solutions sont radicales. Prenons à titre d'exemple le *ksar*, village fortifié des vallées du Maroc présaharien dont le rôle est d'assurer une protection contre la chaleur, contre le froid et le vent et où les maisons sont adossées les unes contre les autres afin de réduire d'autant le nombre des façades, source d'échange de chaleur avec l'extérieur. À l'inverse,



Ksar Tamnougalt (Maroc)



Pourcentage d'ouvertures dans les façades d'une maison isolée des pré-Pyrénées à Guixers (Espagne), façades au sud, à l'est, au nord et à l'ouest.



Échelonnement de maisons sur une pente naturelle à Berat (Albanie).



Petit sac de sable qui permet, dans la tradition libanaise, de tenir les portes entrouvertes pour permettre la ventilation croisée des différentes pièces.



Vestibule d'une maison de Lefkara (Chypre).



Couverture végétale avec du jasmin à Jesús Maria (Espagne).



Galerie dans une maison de Bda (Syrie).



La végétation dans le Ryad berbère de Marrakech (Maroc).

une maison rurale des pré-Pyrénées peut être exposée à tous les vents et prend généralement place sur le versant ensoleillé de la montagne et la façade d'accès est toujours protégée des vents froids.

C'est pour cette même raison que l'emplacement du bâti sur le versant d'une montagne est pensé de telle sorte que les rues soient orientées selon une cote (c'est-à-dire en suivant une courbe de niveau) et que le rez-de-chaussée du premier bâtiment soit semi-enterré afin que le bâtiment situé en retrait et accessible depuis la rue en amont bénéficie du soleil. De tels emplacements au sol assurent ce que l'on appelle aujourd'hui une ventilation croisée ; concept propre au Mouvement Moderne mais qui existait déjà dans l'architecture traditionnelle méditerranéenne. La tradition libanaise consistant à disposer des sacs de sable devant chaque porte afin d'éviter qu'elles ne se ferment et ainsi assurer une ventilation entre l'avant et l'arrière du bâtiment illustre parfaitement ce concept.

Dans un climat tempéré comme le nôtre, l'architecture traditionnelle est en quête de protection, de belles vues, de brises marines au travers de ce que l'on pourrait appeler les « espaces intermédiaires », à mi-chemin entre le dedans et le dehors. Ils sont créateurs d'un microclimat apprécié selon l'époque de l'année et l'heure. C'est grâce à la diversité de ces espaces que l'architecture traditionnelle méditerranéenne est aussi singulière qu'unique.

Les rues couvertes ou le porche d'entrée constituent ces premiers espaces intermédiaires. Construits en dur ou simplement à base de roseaux ou d'éléments végétaux, de la vigne ou du jasmin, ils accueillent le visiteur et protègent le maître des lieux lorsque, assis devant sa porte, il profite du temps qui passe, il bricole, etc. Il s'agit là d'un élément essentiel pour défier le climat et vivre ainsi dans la rue, échanger, autant de coutumes très caractéristiques de la culture méditerranéenne.

La galerie est un des éléments récurrents et propres à l'architecture du bassin méditerranéen. Cet espace suspendu, en partie couvert, avec des piliers soutenant des arcades, sert à distribuer les différentes pièces de la maison tout en étant suffisamment large pour s'y asseoir ou y faire sécher la récolte. En Catalogne, cet espace est connu sous le nom de *solana* (espace extérieur ensoleillé) et elle n'est autre que le *riwaq* arabe ou l'*iliakos* grec.

L'*iwan*, originaire de Perse, est typique du Proche-Orient. Il s'agit d'une chambre qui ne compte que trois murs, un espace couvert, ouvert sur l'extérieur et polyvalent. Les pièces latérales s'ouvrent sur l'*iwan* qui sert d'espace de distribution. La structure la plus simple se compose de deux pièces d'habitation et d'une pièce centrale, l'*iwan*, mais cette structure peut être enrichie de juxtapositions d'espaces, de patios, etc., jusqu'à créer un espace fort complexe.

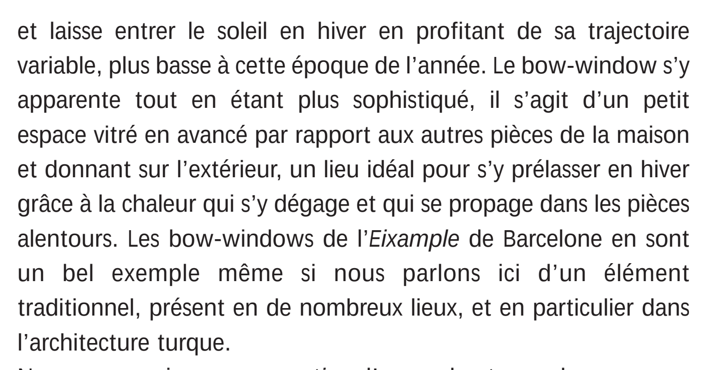
L'avant-toit est un élément très simple tout en étant d'une grande efficacité, il s'agit d'une avancée de la toiture qui protège en été



Tribunes dans une maison de Gjirokastra (Albanie)



Les constructions d'Ait Larbi dans la vallée du Dades se confondent avec le paysage environnant (Maroc).



et laisse entrer le soleil en hiver en profitant de sa trajectoire variable, plus basse à cette époque de l'année. Le bow-window s'y apparente tout en étant plus sophistiqué, il s'agit d'un petit espace vitré en avancé par rapport aux autres pièces de la maison et donnant sur l'extérieur, un lieu idéal pour s'y prélasser en hiver grâce à la chaleur qui s'y dégage et qui se propage dans les pièces alentours. Les bow-windows de l'*Eixample* de Barcelone en sont un bel exemple même si nous parlons ici d'un élément traditionnel, présent en de nombreux lieux, et en particulier dans l'architecture turque.

Nous en arrivons au *patio*, l'exemple type des espaces intermédiaires –le dedans et le dehors– de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Nous avons déjà évoqué sa fonction bioclimatique et les forts liens culturels qui ont permis sa pérennité dans le bassin. Il importe seulement d'ajouter que ses proportions au sol et en hauteur sont toujours savamment calculées afin qu'il s'adapte à chaque lieu, à chaque région, à chaque climat. Partant de la maison à péristyle de la tradition hellénistique, les adaptations de ces patios se succèdent et c'est donc naturellement que nous devons citer ici la *domus* romaine, les patios des palais gothiques catalans des villes et, bien sûr, l'appropriation de cette tradition du patio (*west ed-dar* en arabe, littéralement centre ou milieu de la maison) par la tradition islamique ainsi que la radicalisation de son usage une fois les portes franchies.

C'est précisément dans cette culture que le patio révèle sa vraie dimension en ce qu'il est clairement associé aux plantes, à la végétation et à l'eau. Ce dernier élément est présent sous la forme de fontaine, de petit bassin, et crée un microclimat quelque peu humide. La végétation participe également à cette amélioration de l'environnement et les *riads* de Marrakech en sont un très bel exemple.

Les matériaux du lieu, la transpirabilité et l'inertie thermique

Le monde de la construction préindustrielle se caractérise par un faible coût de la main-d'œuvre et, paradoxalement, par un coût très élevé de l'acheminement des matériaux de construction à pied d'œuvre. Il est donc naturel d'utiliser les matériaux géographiquement proches et ceux dont l'exploitation est la plus facile. La terre, la pierre, le mortier de chaux ou de plâtre et le bois sont ainsi devenus des ressources omniprésentes dans le monde de la construction. Certaines ressources agricoles comme la paille étaient très souvent utilisées comme isolant thermique.

Il est important de considérer à quel point cette économie de subsistance configure le paysage d'un territoire. Les couleurs de la terre et de la pierre utilisées pour construire les maisons s'apparentent à celles des coteaux et collines alentours et s'intègrent merveilleusement dans le paysage.

Cette construction faite essentiellement de terre ou de pierre (pisé, brique crue, murs mitoyens, etc.) se distingue toutefois en ce qu'elle tire profit de son inertie thermique pour créer des espaces intérieurs confortables. De fait, les surfaces exposées aux rayons du soleil absorbent la chaleur tandis que les murs épais de pierre ou de terre la retiennent afin que les intérieurs restent frais





Tribune avec un ample répertoire de filtres à Sidi Bou Saïd (Tunisie).



Protection solaire avec rideaux dans la Kasbah d'Alger (Algérie).

pendant la journée. Les murs emmagasinent la chaleur le jour, et la libèrent la nuit afin de réchauffer l'intérieur.

Ce phénomène vaut également pour les toitures traditionnelles. Rappelons à cet égard que la toiture était constituée de poutres de bois recouvertes d'une couche de terre faisant office de couverture et se transformait, selon les cas, en une pièce supplémentaire de la maison qui, au gré des saisons, servait de chambre, de cuisine, de séchoir pour la récolte, etc. Des toitures de ce type sont recensées dans la région de l'Atlas, dans les montagnes libanaises, dans les montagnes du sud de l'Andalousie (*Alpujarras*) ainsi que dans toute une frange des Pyrénées[7] ou des Alpes maritimes.

Il convient également d'insister sur la « transpirabilité » de ces murs, à savoir leur capacité d'absorber l'humidité, de sécher et d'atteindre un équilibre entre l'humidité extérieure et l'humidité intérieure. Ce phénomène a été rendu possible grâce à l'emploi de revêtements tels que le plâtre, les enduits de chaux ou de terre et les badigeons de chaux.

Les filtres de la lumière

Enfin, l'architecture traditionnelle méditerranéenne se caractérise par une richesse infinie de solutions permettant de doter les ouvertures de la maison (portes, fenêtres, bow-windows) de filtres et ainsi s'adapter aux variations de ce climat tempéré dans le triple objectif d'isoler, de protéger et de ventiler.

Percer une ouverture sur une façade a toujours été une opération délicate. La tentation était grande de creuser un grand trou mais la prudence commande. L'utilisation du verre (s'isoler de l'extérieur, laisser filtrer la lumière et voir au travers) était un luxe dans ces sociétés et il fallait faire preuve d'une subtile ingéniosité pour créer un grand nombre de baies sans déséquilibrer les gains thermiques. S'il est vrai que les ouvertures prenaient la forme d'un simple volet de bois rehaussé d'un judas (petite ouverture permettant de voir sans être vu), elles sont peu à peu devenues plus grandes et le papier paraffiné a laissé place au verre bien plus tard. Il s'agit là d'un bon exemple pour comprendre que l'architecture traditionnelle n'a rien d'immuable mais qu'au contraire elle évolue et se modernise au fil du temps. Il ne fait aucun doute que l'adaptabilité est une des grandes richesses de cette architecture. La seule prise en compte de technologies faisant fi de la dimension humaine a entraîné une sorte de rupture à laquelle l'architecture traditionnelle méditerranéenne s'oppose encore aujourd'hui, au nom d'une alternative durable et plus respectueuse de l'environnement.

Le répertoire des solutions est infini. En Catalogne, par exemple, la fenêtre pouvait être constituée d'un battant, elle était protégée à l'extérieur par un paravent et par un volet à l'intérieur qui filtrait la lumière tout en en réglant la diffusion à l'intérieur, tandis que les rideaux ou les voiles protégeaient l'intimité du dedans. En Méditerranée, les volets prennent différentes formes, ils sont des éléments mobiles et graduables qui permettent à chaque moment de contrôler l'intensité lumineuse des espaces intérieurs. Tel est le cas du store tressé qui s'adapte à toutes les situations, tantôt déplié, tantôt replié, en tout ou partie, parfois en appui sur la

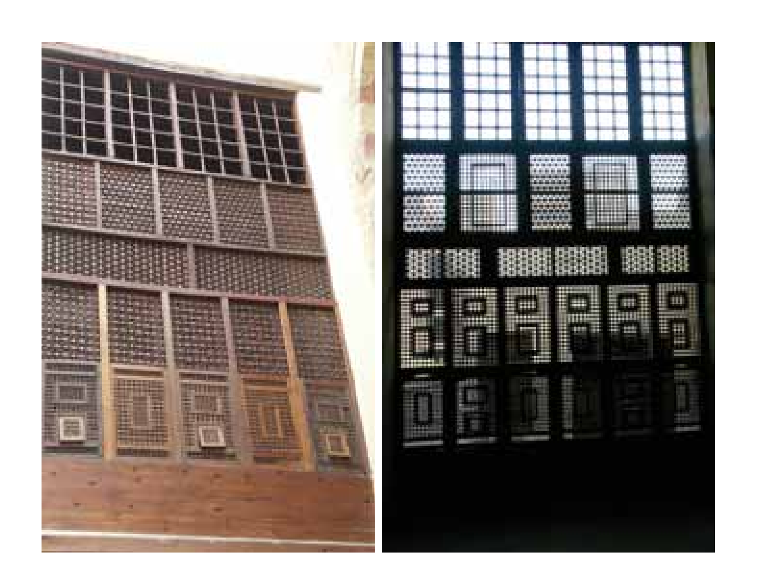
rampe du balcon, autant de solutions qui permettent de créer l'ambiance souhaitée. Citons également le store vénitien ou la persienne typique de Majorque qui est une sorte de jalousie composée de lamelles inclinables sur un cadre également mobile. Il est ainsi possible de jouer savamment avec l'air et la lumière, de les fermer, de les ouvrir, d'incliner les lamelles à l'infini, comme le montrent les photos qui accompagnent cet article (orienter la lumière vers le plafond, vers le sol, regarder à l'extérieur, etc.).
La culture islamique invite naturellement à une double protection qui répond, d'une part, à l'intensité du soleil et, d'autre part, à la tradition du voile, de ce besoin de voir la rue sans être vu. C'est dans ce contexte que la *mashrabiyya* acquiert son rôle protagoniste, une jalousie de bois travaillé qui habille les baies en laissant passer l'air et en tamisant la lumière tout en assurant une vue sur le monde extérieur. Cette baie qui est en partie fixe dispose également de lamelles de bois orientables.



Récupération d'un rebord qui permet la ventilation dans une terrasse d'Hébron (Palestine).

Une réhabilitation consciente

La réhabilitation d'un bâtiment ne doit pas reposer sur la seule incorporation de gadgets bioclimatiques mais doit davantage être pensée dans un souci de conservation des éléments traditionnels que nous venons de décrire. Nous pensons qu'une réhabilitation consciente doit en tenir compte et ne pas les ignorer.
Pourtant, force est de reconnaître et d'accepter que ces systèmes passifs de contrôle de l'environnement ont leurs propres limites. Bien que nous soyons d'avis qu'ils garantissent à eux seuls des niveaux de confort raisonnables, il ne fait aucun doute que si nous voulons maintenir une température constante de 20 °C et un taux d'hygrométrie de 50 % lorsqu'il fait quelque 35 °C à l'extérieur et que le taux d'hygrométrie est 30 %, il faut sans conteste recourir à des systèmes actifs.
C'est pour cela que tout projet de réhabilitation doit évaluer avec soin les besoins d'un programme en particulier (demandé par un client), les valeurs de l'architecture qui doit être réhabilitée (culturelles, architecturales et également bioclimatiques), en plus de bien connaître l'état du bâtiment au moment de la réhabilitation. Rappelons que la méthode RehabiMed insiste sur la nécessité de connaître avant d'agir, ce qui implique de procéder à un diagnostic approfondi (et à des bilans thermiques) du bâtiment avant d'entreprendre sa réhabilitation. Il est donc nécessaire de comprendre la manière dont le bâtiment fonctionne afin de le réhabiliter et de le moderniser en conséquence.
Sur la base des affirmations précédentes, force est de déduire que nous penchons pour une réhabilitation basée sur la construction et les mécanismes traditionnels de contrôle de l'environnement et dont l'objectif est d'adapter au mieux les conditions du bâtiment aux besoins actuels. Cette réhabilitation doit privilégier l'inertie thermique au détriment de l'isolation sans critère particulier (par exemple, un bâtiment aux murs épais peut être hyper-isolé sur sa façade nord et moins, voire pas du tout, sur ses façades orientées au soleil afin de profiter de l'inertie thermique), assurer la « transpirabilité » des murs (préférer les enduits et les badigeons à la chaux ou aux silicates plutôt que les revêtements ciment et les peintures plastiques qui rompent cet équilibre hygrothermique), respecter les espaces intermédiaires (éviter par exemple l'appropriation spéculative de tout espace intermédiaire avec des menuiseries métalliques) et conserver les filtres solaires traditionnels (proscrire tout remplacement systématique des menuiseries par des solutions simplistes d'aluminium ou de PVC) et ce n'est qu'après avoir intégré tous ces paramètres que l'on peut envisager la possibilité de recourir à des systèmes actifs de contrôle de l'environnement (qu'il s'agisse de chauffage ou d'air conditionné).



Vue extérieure et intérieure de la mashrabiyya d'El Set Wasela (Égypte).



Les multiples possibilités de la persienne à lattes de bois mobiles dans l'Eixample à Barcelone (Espagne).

Le bâtiment ainsi réhabilité est prêt à accueillir les personnes qui vont y vivre. Nous avons évoqué au début de l'article que la société qui a donné naissance à cette architecture a disparu, raison pour laquelle l'occupant d'aujourd'hui peut ne pas en connaître l'histoire et le fonctionnement. Il est donc légitime de le lui expliquer en lui remettant un petit manuel d'utilisation et d'entretien à la fin des travaux. C'est ainsi que la persienne typique de Majorque devient plus qu'un simple petit appareil et que le manuel d'utilisation qui l'accompagne permettra d'en optimiser le fonctionnement.
Arrivés à ce stade, nous comprenons aisément que le maintien d'une fenêtre de bois représente un réel effort, notamment si l'on considère les solutions à moindre coût disponibles sur le marché ou l'aspect pratique d'un volet standard en aluminium à commande électrique, pourtant c'est grâce à tous ces petits détails qu'il est possible de parler de réhabilitation consciente de l'architecture traditionnelle méditerranéenne.

---

[1] CASANOVAS, Xavier (dir.) (2005), *Réhabiliter l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Symposium régional*. Marseille, les 23, 24 et 25 septembre 2005, Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Barcelone.

[2] NOURISSIER, Gilles ; REGUANT, Joan ; CASANOVAS, Xavier ; GRAZ, Christophe (2002), *Architecture traditionnelle méditerranéenne*. École d'Avignon, Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, École des arts et métiers traditionnels de Tétouan. Barcelone.

[3] FOLCH, Ramon (dir.) (1999), *Mediterrània: territori i paisatge. Atles Ambiental de la Mediterrània*. (Méditerranée : territoire et paysage. Atlas environnemental de la Méditerranée), Institut Català de la Mediterrània, Institut Cartogràfic de Catalunya, Estudi Ramon Folch. Barcelone.

[4] BADIA, Jordi ; CUSIDÓ, Oriol ; GRAUS, Ramon ; MANRIQUE, Emili ; NOY, Martí ; VILLAVERDE, Montserrat (1998), [V. bilingue espagnol-français, *Marruecos presahariano. Hábitat y patrimonio - Le Maroc présaharien. Habitat et patrimoine*. UNESCO, Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. Barcelone. Trad. de Marinette Luria].

[5] HUSSEINI, Fréderic ; NOURISSIER, Gilles ; CASANOVAS, Xavier (directeurs) (2004), *Manuel pour l'entretien et la réhabilitation de l'architecture traditionnelle libanaise*. École d'Avignon, Projet Corpus Levant. Avignon.

[6] SERRA FLORENSA, Rafael (1995), *Les energies a l'arquitectura. Principis del control ambiental arquitectònic*. Edicions UPC (2e édition), Barcelone, p. 200-219.

[7] CASANOVAS, Xavier (1989), « I tetti piani nel Pirineo catalano », CATALDI, Giancarlo (a cura di): *Attualità del primitivo e del tradizionale in architettura*. Atti del Convegno Internazionale 'Le ragione dell'abitare', Prato, 8-9 gennaio 1988. Alinea Editrice. Florence, p. 135-141.

Architecture traditionnelle et climat en Tunisie

Radhia BEN M'BAREK
Architecte
Architecte principale - spécialisée en architecture du patrimoine, Tunisie

Pendant plusieurs siècles, nos ancêtres ont acquis un certain « savoir faire » dans le domaine de la construction, basé sur une connaissance intuitive du milieu environnant et du climat. Leurs techniques de construction, ainsi que les matériaux utilisés, ont été choisis avec un grand souci pour adopter l'habitation au climat. Ce souci est d'autant plus remarquable dans les zones à climat chaud (en l'occurrence le Sud tunisien).

C'est pourquoi l'architecture troglodytique apparaît comme une réponse adéquate aux contraintes climatiques assez dures de certaines régions du Sud. Ce type d'habitation est par définition l'ensemble des habitations situées dans le sol et qui résulte de l'utilisation des cavités naturelles ou aussi d'une excavation volontaire. La condition principale à ce type d'habitat réside dans la présence d'un sol tendre affranchi d'humidité.

Ce type d'habitat constitue une excellente réponse à des climats excessifs. L'habitat enterré nous permet d'éviter la chaleur intense de l'été et le froid glacial de l'hiver grâce à l'augmentation de l'inertie thermique du fait de la présence du sol lui-même. D'autant plus, la notion de façade extérieure est absente, ce qui limite considérablement le gain de chaleur en été et la perte de calories en hiver.

Ainsi l'amplitude de température journalière est totalement ignorée. L'amplitude annuelle des températures extérieures est la seule grandeur ayant une influence sur l'ambiance intérieure.

Les propriétés thermiques de cet habitat varient selon :

- La nature du sol qui peut être plus ou moins inerte ou isolant ;
- L'épaisseur des murs de l'habitation ;
- L'exposition par rapport au soleil.

Dans le Sud tunisien, nous remarquons, d'emblée, deux types d'habitat troglodytique, qui diffèrent d'après la nature du sol même, le premier dans la région de Matmata et le second dans celle de Chénini.

L'habitat troglodytique à Matmata

A Matmata, l'habitation traditionnellement réalisée se résumait dans des habitations construites autour d'un puits central, assez profond, et qui peut atteindre, parfois, environ dix mètres de profondeur.

Les pièces sont creusées autour de ce patio, quelques fois sur deux niveaux, et organisées en appartements complexes comportant des chambres, réserves, étables…

L'accès à ce patio de distribution se fait à travers un tunnel en pente qui ressort au niveau extérieur à quelques dizaines de mètres plus loin. Certains sont équipés d'une citerne, creusée sous le patio, pour récolter les eaux de pluie.



Tunis, Tunisie

L'intérêt des habitations souterraines autour d'un patio résulte du fait de l'aridité du climat : en plus de la présence de l'inertie thermique du sol, la diminution des façades exposées au soleil est poussée au maximum puisque le patio permet d'augmenter l'ombre portée. Ce qui permet, aussi, de profiter au maximum du rayonnement terrestre (qui refroidit les parois du patio). L'air frais au fond du patio diminue sensiblement la température d'air ambiant.

L'habitat troglodytique à Chénini

A Chénini, un autre type d'habitat troglodytique, situé à flanc de colline, a été réalisé en creusant la terre sous des couches de roches dures, qui font office de dalles de toitures. Ces habitations présentent moins d'avantages que celles de Matmata ; Mais demeurent relativement les plus performantes, compte tenu de l'impossibilité de creuser verticalement à cause de la présence d'un sol rocheux.

Ainsi, l'habitat troglodytique illustre le rôle de l'inertie thermique du sol naturel dans l'établissement d'ambiances intérieures et s'avère être l'habitat le plus adéquat pour des climats chauds, relativement secs et présentant une amplitude thermique annuelle importante.

Pour ces troglodytes, des calculs ont montré que le déphasage de l'onde thermique annuelle était voisin de six mois

Néanmoins, qu'il s'agit d'une architecture troglodytique ou autre, plusieurs autres facteurs et éléments interviennent dans la réalisation d'une architecture bioclimatique, et différentes possibilités ont été adoptées par nos ancêtres pour obtenir un maximum de confort et pour mieux répondre aux exigences des occupants des espaces dans les régions chaudes, et par conséquent, réussir une architecture confortable.

Notons à titre d'exemple l'architecture vernaculaire à Djerba, basé sur des habitations plutôt isolées, à cour central (le patio), et murs épais, implantées dans la végétation. L'ensemble est appelé « El Menzel ». L'utilisation des toitures en voûtes et coupoles est très abondante. La maison traditionnelle Djerbienne est caractérisée par la présence d'une ou plusieurs pièces surélevées par rapport aux autres espaces, et situées dans les angles de l'habitation. Cette pièce (appelée « Ghorfa »), comprend une petite ouverture (en haut de l'espace), permettant une ventilation naturelle.

On peut aussi citer l'architecture vernaculaire à Tozeur, où les palmerais jouent le rôle de filtre pour l'air chaud et les rayons solaires. Le bâti est implanté en bordure Nord des palmeraies pour se protéger des vents provenant du Sud, et chargés de sable. Quant aux façades, assez particulières, et caractérisant cette région de la Tunisie, elles sont réalisées en brique pleine, de façon imbriquées, pour avoir des saillis favorisant un maximum de zones d'ombres.

Quant aux espaces extérieurs des villes anciennes, ils ont fait aussi l'objet d'un certain souci de confort climatique. C'est pourquoi l'édification des « Sabats », est venue répondre à cette question en permettant la création de zones ombragées et la réduction des rayons solaires portés sur les façades des maisons.

Ce même souci est décelé à l'intérieur des maisons où la solution de « construction autour d'un patio » a permis d'avoir, toujours, une zone ombragée permettant un minimum de rayons solaires sur les différentes façades de la construction, tout au long de la journée.

Thermiquement, le patio fonctionne comme un puits à fraîcheur car l'air frais ne peut s'échapper et stagne en rafraîchissant les pièces qui s'ouvrent sur lui. Les parois du patio absorbent l'air chaud des espaces intérieurs, et celui des parois ensoleillées, l'émettent, et donc se refroidissent. Cette fraîcheur est ensuite transmise à l'intérieur des espaces. Le patio constitue, donc, un élément « régulateur » dont profite toute l'habitation.

Finalement, on peut affirmer que nos ancêtres ont dû prendre en considération plusieurs facteurs et éléments pour réussir une architecture répondant à leur confort climatique, en l'occurrence :

La forme des toitures

En été, le soleil éclaire en priorité la toiture. Les murs Est et Ouest reçoivent la moitié du rayonnement reçu par la toiture. C'est pourquoi les formes des toitures s'avèrent importantes pour le confort de l'habitation.

Et de par leurs formes, les voûtes et les coupoles sont moins exposées aux rayons solaires et au vent. C'est pourquoi l'utilisation de ce type de couverture a aidé à diminuer l'impact des rayons solaires au niveau des toitures, et par suite à l'espace intérieur lui-même.



Matmata, Tunisie



Matmata, Tunisie



Kairouan, Tunisie



Tunis, Tunisie

Les ouvertures

Minimiser les ouvertures vers l'extérieur, est l'un des points à prendre en considération. Certaines façades se limitent à une porte d'entrée surmontée d'une ouverture (trou d'aération).
Une telle conception et organisation des ouvertures assure une bonne ventilation qui donne à la cellule un confort intérieur permanent. La position haute des ouvertures facilite le dégagement de l'air chaud. De ce fait l'air frais entre par les portes et se dégage par les trous en haut. Ce qui permet d'avoir un système de ventilation naturelle.

Les matériaux de construction

- La pierre : pour la construction des murs et des voûtes ;
- Le plâtre : utilisé comme liant ;
- La chaux : utilisé généralement pour les enduits.

Ces trois matériaux principaux dans la construction traditionnelle présentent une bonne résistance à la conduction de la chaleur. Ce qui permet une ambiance fraîche à l'intérieur.

La massivité de l'enveloppe

Pour les construction traditionnelles, l'épaisseur des murs varie entre 50 et 70 cm, et peut même atteindre 1 m. Ce qui donne une transmission lente de la chaleur.
D'autre part la compacité des volumes permet de limiter les effets de chaleur : en effet l'assemblage d'une cellule (et constructions) à ses voisines, permet une protection de la chaleur en minimisant les parois exposées.

La Couleur

L'utilisation des revêtements clairs pour la toiture, le sol et les murs permet de minimiser l'absorption des rayons solaires. C'est pourquoi, badigeonner ou peindre en couleur claire (surtout blanche) favorise une meilleure réflexion des rayons solaires.

1

Un outil pour développer l'usage de l'énergie solaire dans le bassin méditerranéen : le European Solar Radiation Atlas (ESRA)

École des Mines de Paris, France

Cet atlas offre un instrument unique consacré à la connaissance et à l'exploitation des ressources solaires dans le bassin méditerranéen. C'est un puissant outil pour les architectes, les ingénieurs, les météorologues, les agronomes, les autorités locales, les professionnels du tourisme de même que les chercheurs ou les étudiants. Il couvre la période 1981-1990.

Cet atlas offre une connaissance fondamentale quant aux radiations solaires que l'on rencontre au niveau du sol, qui sont de première importance aussi bien pour la vie que pour le climat (de même que pour l'océan) du fait qu'il s'agit de la première source d'énergie de la Terre, et de loin. L'atlas coordonné par K. Scharmer et J. Greif, publié par Les Presses de l'École des Mines sous le titre *The European Solar Radiation Atlas - vol. 1: Fundamental and maps*, décrit la course du Soleil au travers du ciel tel qu'elle se modifie au fil de l'année et avec la situation géographique. Il présente et explique les interactions des radiations solaires avec l'atmosphère et ses composantes (brume, turbidité, nuages, etc.), ainsi que la séparation des radiations directe et diffuse. L'importance des radiations solaires dans divers domaines est aussi présentée, en mettant l'accent sur l'ingénierie solaire, dans laquelle l'énergie solaire est utilisée pour donner de l'électricité au travers de systèmes photovoltaïques ou de fournir de l'eau chaude et de chauffer les maisons.

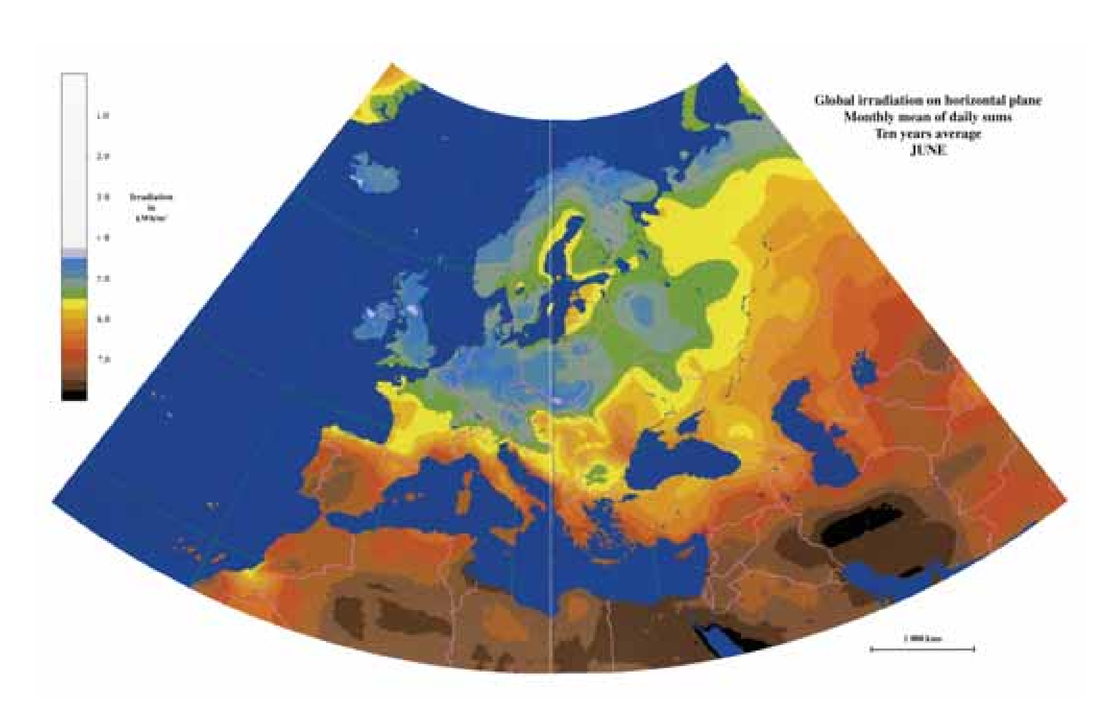
Il décrit les techniques et les instruments de mesure des radiations au sol. Des images obtenues par satellite sont aussi utilisées. Elles sont combinées avec des mesures faites au sol pour offrir une vision synoptique de la distribution des radiations solaires sur l'Europe. La structure de la base de données et ses principales applications sont décrites.

Nous présentons ici 4 des 26 cartes en couleur (moyenne sur dix ans, 1981-1990) qui décrivent les radiations solaires directe et diffuse. Elles permettent aussi de voir en détail les changements qui se sont produits avec le temps.

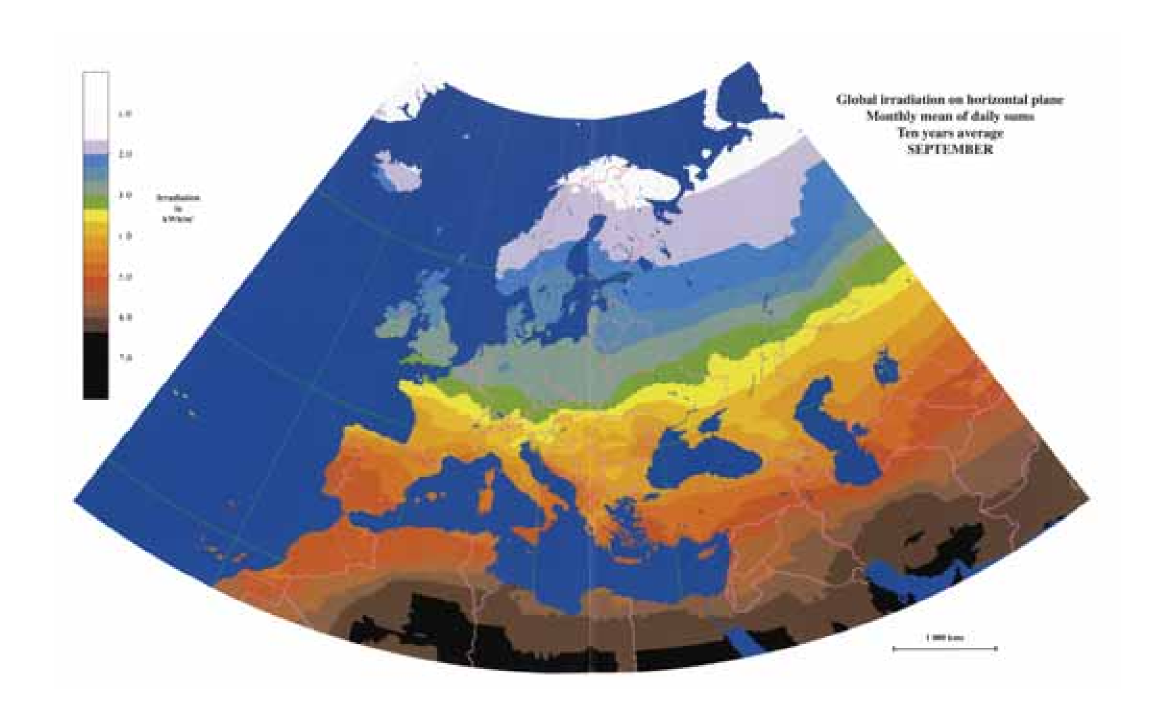
La valeur de l'atlas peut être étendue utilement en l'utilisant conjointement au volume complémentaire doté d'un CD-ROM qui a pour titre *The European Solar Radiation Atlas - vol. 2: database and exploitation software*, aussi publié par Les Presses de l'École des Mines. La base de données offre une connaissance spatiale (environ tous les 10 km) et temporaire pour différentes échelles de temps (des moyennes climatologiques –plus de 700 stations– aux valeurs horaires –7 stations–) des ressources solaires : rayonnement (global et ses composantes), durée d'ensoleillement, de même que températures de l'air, précipitations, pression de la vapeur d'eau, pression de l'air dans un certain nombre de stations. Le logiciel utilise la base de données, soit en mode « carte », soit en mode « station », au choix de l'utilisateur. Une fois qu'une station a été sélectionnée, le programme cherche les données disponibles pour cette station. Le logiciel comprend des algorithmes couvrant les domaines suivants : géométrie solaire, propriétés optiques de l'atmosphère, estimation du rayonnement incliné horaire sous les ciels nuageux, estimation des valeurs de rayonnement solaire (des valeurs quotidiennes aux valeurs horaires, conversion des surfaces horizontales aux surfaces inclinées), radiance spectrale, intensité de lumière, profils moyens quotidiens de la température et d'autres valeurs statistiques (moments centraux, extrêmes, probabilité, courbes de probabilité cumulative et d'utilisabilité). Les graphiques peuvent être présentés en deux ou trois dimensions. Certaines études d'applications d'ingénierie solaire peuvent aussi être effectuées.

Cet atlas a été réalisé au nom de la Commission européenne par une équipe dirigée par la société GET (Jülich, Allemagne), et comprenant le Deutsche Wetterdienst (Hambourg, Allemagne), Armines / Écoles des Mines de Paris et de Nantes (France), l'Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (Lisbonne, Portugal), la Technical University of Lyngby (Danemark), le World Radiation Data Centre (Saint-Pétersbourg, Russie), et l'Institut Royal de Météorologie (Bruxelles, Belgique) ; MM. John Page (Sheffield, Royaume-Uni) et Robert Dogniaux (Bruxelles, Belgique) intervenant en tant que conseillers.

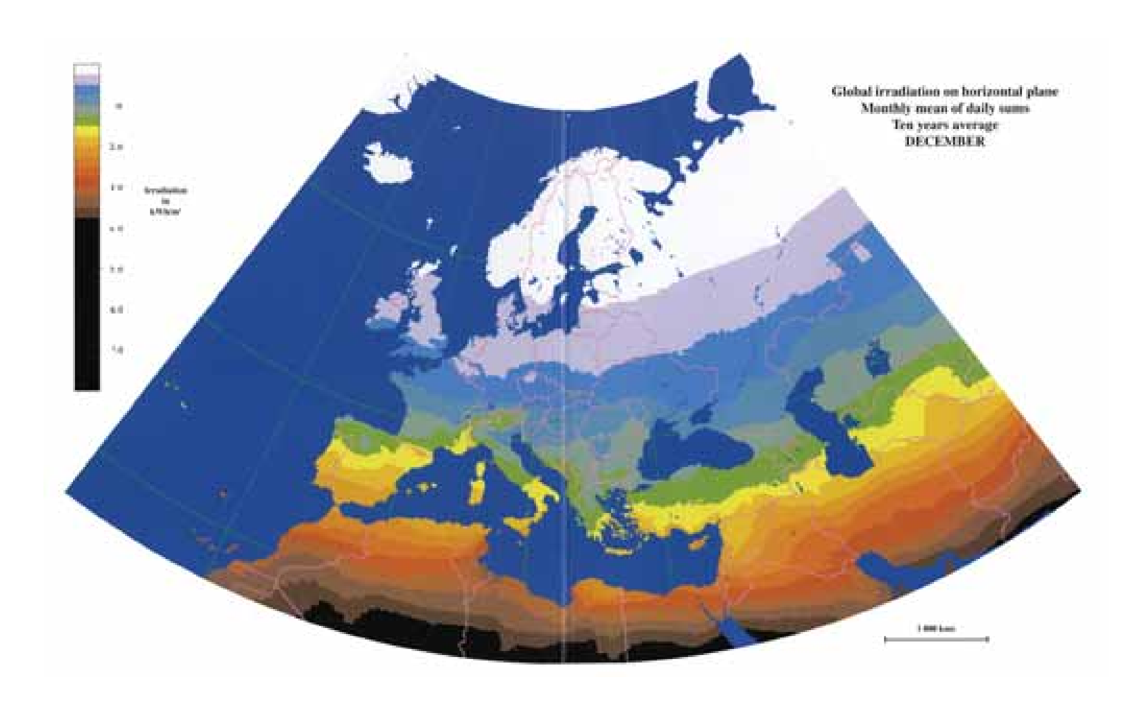
Rayonnement global sur un plan horizontal. Moyenne mensuelle des totaux quotidiens. Moyenne sur dix ans. Mars.



Rayonnement global sur un plan horizontal. Moyenne mensuelle des totaux quotidiens. Moyenne sur dix ans. Juin.



Rayonnement global sur un plan horizontal. Moyenne mensuelle des totaux quotidiens. Moyenne sur dix ans. Septembre.



Rayonnement global sur un plan horizontal. Moyenne mensuelle des totaux quotidiens. Moyenne sur dix ans. Décembre.

Outil 2

Commencer par un pré-diagnostic précis

Outil 2
Commencer par un pré-diagnostic précis

Étapes pour une étude d'ingénierie (et non structurale) dans la phase du pré-diagnostic

Yaacov SCHAFFER
Ingénieur civil, M. Sc. Ua.
Autorité des Antiquités d'Israël, Israël

La phase de pré-diagnostic dans l'étude d'ingénierie d'un bâtiment traditionnel existant est probablement le point le plus crucial de toute la tâche de réhabilitation des vieux bâtiments. Elle est cruciale parce que le premier jugement qui est fait sur le bâtiment peut affecter les étapes ultérieures, selon les approches suivantes :

- Réhabilitation *versus* démolition ;
- Approche libérale de la réhabilitation *versus* approche conservative ;
- Le premier diagnostic de la condition physique des matériaux et des éléments du bâtiment ;
- Les premières solutions physico-structurelles possibles pour le bâtiment.



Jaffa (Israël).

Ce stade de pré-diagnostic devrait être mené parallèlement aux premiers programmes pour la réhabilitation du bâtiment et avant que toute autre étape ne soit entamée. Afin d'être en mesure de faire une telle étude de pré-diagnostic de manière simple, plutôt qu'avec une large équipe, il y a deux possibilités : faire une étude d'architecte ou faire une étude d'ingénieur. Dans la première option (un architecte, un métreur, un architecte technique, etc., en fonction du système d'enseignement du pays), il/elle doit avoir une vaste connaissance des anciennes technologies, des processus de détérioration des matériaux et des éléments anciens, une profonde connaissance de la conservation (des spécialités pratiques et de la philosophie) ainsi qu'une longue expérience. Il/elle n'a pas besoin de savoir évaluer les conditions structurelles ni le comportement du bâtiment ancien, et un ingénieur de structures devra intervenir par la suite pour les aspects structurels.
Dans la seconde option (ingénieur de construction civile, ingénieur technique, métreur, etc.), il/elle doit toujours avoir une large connaissance des technologies anciennes, des processus de détérioration des matériaux et des éléments anciens, une profonde connaissance de la conservation (des spécialités pratiques et de la philosophie) mais, contrairement à la première option, il/elle doit avoir une bonne expérience des conditions structurelles et du comportement des bâtiments anciens. Il n'est pas nécessaire pour le stade du pré-diagnostic de disposer des services d'un ingénieur de structures spécialisé.
Cependant, l'ingénieur de structures doit avoir une bonne expérience, et être qualifié dans les systèmes des bâtiments historiques. Plus important encore –il doit se limiter lui-même à l'ingénierie de structures, sans intervenir dans l'évaluation des conditions physiques des matériaux ou des éléments, ni s'occuper de la conservation, de la philosophie de la conservation et des solutions de conservation–, autant d'aspects qui ne sont pas directement en rapport avec sa spécialité.
Rappelons encore et encore que la base d'une bonne étude d'ingénierie de pré-diagnostic est fonction de l'objectivité de celui qui fait l'étude. C'est pour cette raison qu'il est recommandé que l'étude de pré-diagnostic soit réalisée par un professionnel et la planification future par un autre.
L'étude d'ingénierie de pré-diagnostic comporte trois phases :

- La connaissance de l'état de la structure et de la condition physique des matériaux et des éléments, et la solution potentielle dans le cadre de l'ingénierie de la condition physique.
- Les moments et les étapes dans la vie d'un bâtiment et ses valeurs de conservation corrélées.
- L'usage futur du bâtiment.

Ce n'est seulement que si cette large approche est faite que l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic prépare le projet pour l'étape suivante de documentation, d'étude et de conception complète.
Notre but est de réhabiliter les bâtiments traditionnels historiques de la manière la meilleure, la plus rapide et la plus économique possible. Pour ce faire, nous devons prendre en considération le fait que ces bâtiments constituent toujours une grande partie du parc dans certains pays, et une partie moins importante dans d'autres. Parallèlement, des bâtiments relativement récents dans

un pays peuvent être des bâtiments traditionnels historiques dans un autre, et nous devons adopter une vision des mêmes sujets avec une même approche juste de la réhabilitation. Ceci posé, étant donné que nous avons un large parc de bâtiments problématiques, nous devons créer une profession forte et profondément enracinée capable d'apporter des réponses convenables à ces bâtiments traditionnels.

Ainsi, cette étude d'ingénierie de pré-diagnostic devra inclure dans un emploi du temps limité et un rapport d'étude lui aussi limité, l'ensemble de la situation du bâtiment, et tout particulièrement ce qui doit en être exclu. Six sujets devraient être inclus dans le rapport d'ingénierie de pré-diagnostic :

- La technologie de construction principale, habituel et historique ;
- Le principal système structurel du bâtiment existant ;
- La stabilité structurelle du bâtiment principal et de ses ajouts secondaires ;
- L'état de conservation des matériaux et des éléments qui affecteront dans un sens positif ou négatif l'étude d'ingénierie de l'ensemble dans la phase de pré-diagnostic ;
- La condition physique générale des éléments architecturaux, qui pourront être affectés négativement par les solutions potentielles d'ingénierie de structures ;
- Les directions principales possibles des solutions d'ingénierie de structures.

Quelques questions doivent être posées et elles doivent obtenir une réponse. Pourquoi dans cette étude d'ingénierie de pré-diagnostic doit-on aussi prendre en compte les technologies anciennes, les conditions des matériaux et les conditions des éléments architecturaux ? Il y a trois raisons pour cela :

Les anciennes technologies de la structure principale ne sont pas les seules responsables des conditions structurales existantes, mais elles conditionnent les possibles solutions du point de vue structurel, économique et de la conservation.

Une bonne condition, ou seulement une condition correcte, des matériaux et des éléments, pourrait être conditionnée et affectée par une solution d'ingénierie apportant un ensemble d'éléments ou de faits qui pourraient mettre en danger la valeur d'architecture et de conservation du bâtiment ou influencer négativement l'aspect économique de la réhabilitation.

Une bonne condition, ou seulement une condition correcte, des éléments d'architecture pourrait être affectée par une solution d'ingénierie de structures influençant négativement la valeur d'architecture et de conservation du bâtiment lui-même ou l'aspect économique de la réhabilitation.

Le rapport de pré-diagnostic est tout particulièrement destiné aux clients qui ne sont pas, en général, des professionnels dans le domaine de l'ingénierie de conservation et de réhabilitation. C'est pour cette raison qu'il doit être court, clair pour les clients et les non professionnels mais aussi professionnel et utile pour les professionnels de la construction. Un exemple de chaque aspect



Acre (Israël).



Acre (Israël).

pris en compte doit être ajouté sous forme de photographies dans le rapport écrit.
En ayant toutes ces étapes et toutes ces approches en tête, la première question sera : Existe-t-il un seul professionnel qui réunisse en lui toutes les qualités décrites auparavant ? Combien y a-t-il de ces professionnels dans chaque pays/région/lieu ? Peut-il y avoir une séparation entre la phase de l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic et les phases plus tardives de planification de la documentation, d'étude et de conception ? Ces différentes phases devraient-elles être mises en œuvre par des professionnels différents ?
Nous pensons que des professionnels venant du champ de l'architecture ou de l'ingénierie, avec un bon *background* en histoire de l'architecture, en technologies de la construction et en ingénierie, de bonnes spécialisations en patrimoine culturel et en réhabilitation des bâtiments historiques ainsi qu'une vaste expérience dans le domaine de l'étude et de la documentation, sont capables de remplir l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic. Davantage de spécialisations dans les technologies de construction historique régionale créeraient réellement des « experts professionnels des bâtiments traditionnels ». Donc, l'addition d'une ingénierie de structures ou de toute autre profession à l'équipe de pré-diagnostic ne devrait être décidée que dans le cas où cela serait nécessaire.
La séparation entre celui qui fait l'étude de pré-diagnostic et le planificateur devrait être accentuée. Tout d'abord, il est vrai qu'un architecte ou un ingénieur qui étudie ou documente le bâtiment aura une vaste connaissance dans la planification et la conception des stades ultérieurs. Toutefois, et notre expérience dans le monde entier le montre bien, nous savons que la possibilité d'être objectif dans l'étude, sachant qu'elle s'appliquera à la conception et à la planification, est très faible. Les tâches de planification actuelles sont basées sur des pourcentages et elles sont conditionnées par les études préalables. Ensuite, les qualités exigées des personnes qui font les études et la documentation sont différentes des qualités exigées de celles qui travaillent dans la planification et la conception. Ainsi, tirons le meilleur parti de chaque professionnel.
Le dernier sujet, qui n'est cependant pas moins important que les autres, est le cadre de l'étude d'ingénierie dans sa phase de pré-diagnostic. En commençant par la technologie du bâtiment principal et en continuant par les conditions de l'ingénierie de structures, le stade suivant sera les conditions physiques des matériaux et des éléments. Le dernier chapitre sera un rapport rapide sur les caractéristiques architecturales. Le sommaire du rapport devra donc inclure trois parties :

- La première partie du sommaire concernera le rapport dans son ensemble, quant aux conditions physiques et structurelles du bâtiment au moment de l'étude ;
- La deuxième partie présentera les opinions du professionnel quant à l'ingénierie et aux structures sur les besoins de la réhabilitation pour les anciens et les nouveaux usages ;

des solutions potentielles d'ingénierie sur les valeurs architecturales, économiques et de conservation du bâtiment.

Pour conclure, l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic a une influence cruciale sur l'avenir du bâtiment historique spécifique et elle doit être faite d'une manière hautement professionnelle. Étant limité en temps et en résultats, une bonne étude d'ingénierie de pré-diagnostic peut permettre d'économiser beaucoup d'énergie, de temps et d'argent. Une mauvaise étude d'ingénierie de pré-diagnostic influencera tous les stades de la documentation, de la planification, de la mise en place et de la vie du bâtiment réhabilité.

Exemples d'études d'ingénierie de pré-diagnostic

1. L'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment en bois ont été couverts de plâtre. Les étages principaux et le rez-de-chaussée ont une distorsion, ce qui est inhabituel dans les planchers en béton. Les murs de la partie postérieure du bâtiment ont été pourris par les canalisations fuyantes des cuisines et des toilettes. La première impression générale était très mauvaise. Trois ingénieurs différents ont été conviés pour effectuer l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic. Tous les trois ont écrit dans leur rapport que le bâtiment était dans un état irréversible quant aux conditions d'ingénierie et qu'il devait être démoli. Toutefois, du fait de ses particularités et d'une approche de préservation, il a été décidé qu'un ingénieur de conservation connaissant ces types de technologies inspecterait le bâtiment. Après avoir convaincu l'ingénieur de la municipalité et le propriétaire, une étude d'ingénierie de pré-diagnostic, de même que l'ingénieur de conservation lui-même, devaient



Bâtiment en bois avec l'addition d'une croupe datant des années 1870



À l'extérieur, éléments donnant l'impression de très mauvaises conditions physiques



Intérieur donnant l'impression de très mauvaises conditions physiques



Intérieur, au stade de la réhabilitation, montrant une bonne condition physique

expliquer que le bâtiment était dans de très bonnes conditions, à l'exclusion du mur postérieur. Les résultats après l'étude, la planification et la documentation ainsi que la mise en ?uvre de la réhabilitation ont été très positifs, plus rapides et plus économiques même que ne le laissait prévoir la dernière étude de pré-diagnostic.

2. Les bâtiments d'adobe dans un quartier devant être réhabilité et revitalisé ont subi leur première étude rapide (l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic) par une équipe d'ingénieurs et d'architectes. Ceux-ci ont immédiatement mentionné les beaux dessins sur le plâtre de gypse des murs intérieurs ainsi que la « majolique » à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Du point de vue de l'ingénierie, ils ont reconnu la possibilité de la pénétration de l'eau depuis les étages sur rue ainsi que d'autres sources. Leurs recommandations ont été d'arrêter immédiatement la pénétration de l'eau en remplissant les fondations d'un mortier imperméable et en les couvrant d'enduits et de plâtres eux aussi imperméables. Après ce stade, il ont recommandé d'effectuer une large documentation et une étude de suivi autour de la tâche de conception de la réhabilitation. Celle-ci a été faite sur deux cents bâtiments et, six mois après, tous les plâtres et les peintures intérieures se désintégraient, le mur de briques d'adobe présentait d'importants problèmes et tous les résidents devaient être évacués du quartier. Que s'était-il passé ? L'équipe de professionnels qui avait fait l'étude d'ingénierie de pré-diagnostic n'avait aucune idée sur les bâtiments en adobe et le diagnostic qui avait été fait était complètement erroné. Les fondations devaient revenir à leur état antérieur, sans mortier, comme un mur sec créant un système d'évaporation de l'eau avant qu'elle n'atteigne les murs. En les imperméabilisant, ils avaient en effet créé une montée de l'eau par capillarité jusqu'à mi-hauteur des murs, détruisant aussi bien les caractéristiques architecturales intérieures que les structures d'adobe. La conclusion est qu'il ne faut pas faire d'étude d'ingénierie de pré-diagnostic sans connaître le système structurel historique ainsi que la technologie existante.

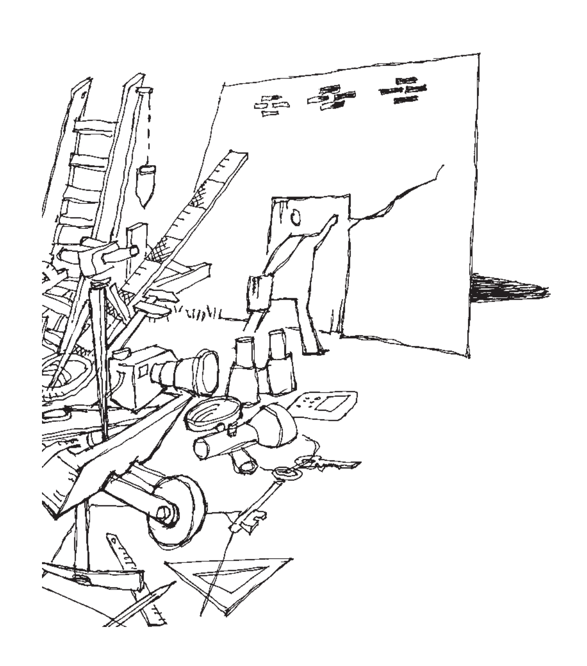
Matériel d'appui à l'étape de pré-diagnostic

Ramon GRAUS
Architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Le pré-diagnostic est une étape dans laquelle on compile l'information de base qui sera nécessaire pour la prise de décisions du promoteur face à l'éventuelle réhabilitation d'un bâtiment. Trop souvent, cette étape est contournée ou marginalisée alors même qu'elle est fondamentale pour une prise de décisions réaliste quant au processus de réhabilitation.

Étant donné la variété des types de données à réunir, nous proposons à la fin de cette brève introduction, un ensemble de fiches modèles du processus de pré-diagnostic, qui peuvent servir d'aide à l'architecte/ingénieur. Les principales données sont obtenues par une consultation auprès de la mairie de la localité (renseignements urbanistiques, protection du patrimoine architectural, aides économiques de la municipalité pour la réhabilitation de logements privés, etc.), par une inspection de la totalité du bâtiment (système constructif, état de conservation, nécessité d'une intervention imminente, etc.), par une reconnaissance du marché immobilier (prix de vente du marché de propriétés similaires dans la zone, coûts de construction, coûts de réhabilitation, etc.), par une compréhension des conditions socioéconomiques des habitants de l'immeuble (familles propriétaires, propriétaires non- résidents avec des locataires, possibilités de libérer l'immeuble pendant les travaux, etc.) et, finalement, par un ensemble d'entrevues avec le promoteur de l'intervention pour ajuster la commande.

On pourrait déterminer trois moments du processus de pré-diagnostic :



Équipement comportant un matériel de base destiné au diagnostic, la « mallette du diagnosticien », pour mesurer, comparer, prendre des notes au cours de la visite.

1. Avant la visite du bâtiment

Afin de profiter au maximum du temps qui sera consacré à la visite, il est souhaitable de la préparer à l'avance et sérieusement. Il faut s'accorder sur le jour de la visite avec une seule personne de l'immeuble qui se fera responsable des accès à toutes les parties du bâtiment. À ce moment-là, on devra se poser les questions suivantes :

- A-t-on l'autorisation de tous les propriétaires et de tous les locataires pour visiter leur appartement ou leur local commercial ?
- Qui, des propriétaires ou des locataires, sera présent dans chaque cas ? Qui aura la clé permettant d'entrer ?
- Existe-t-il des plans du bâtiment ?
- Le bâtiment a-t-il des zones obscures (sous-sols, greniers, etc.) dans lesquelles on aura besoin d'un éclairage spécial, de lanternes, etc. ?
- L'accès à tous les espaces sera-t-il facile ou faudra-t-il utiliser des escabeaux, des cordes, etc. ?

2. La visite du bâtiment

L'architecte/ingénieur qui effectuera la visite d'inspection du bâtiment devra avoir « des yeux formés et entraînés » et avoir de la patience –éviter la tentation de parvenir d'une manière trop rapide à des conclusions quant aux causes des problèmes–, une certaine curiosité –ne pas considérer comme acquises des choses que l'on n'a pas pu vérifier– et une certaine dose d'imagination –pour mesurer, vérifier des situations dans une visite au cours de laquelle il ne sera peut-être fait qu'une estimation relativement rapide du bâtiment–.

La visite du bâtiment sera faite dans un ordre et avec une organisation qui permettra de n'oublier aucun élément ni aucun problème déterminant. Par exemple, le parcours d'inspection commencera à l'extérieur du bâtiment, d'où l'on pourra observer les lésions ainsi que les symptômes que l'on suivra plus en détail

pendant le parcours complet, en même temps que cela permettra de se faire une idée globale du bâtiment faisant l'objet de l'étude. Une fois à l'intérieur, il est souhaitable de suivre les éléments de communication verticale jusqu'à la couverture, car ils constituent des observatoires idéaux de la structure de base du bâtiment ainsi que du système d'évacuation des eaux, ce qui permettra de localiser de possibles mouvements structuraux ou des fuites, et aidera à compléter les connaissances globales que l'on pourra avoir au travers des premiers croquis du bâtiment.
Une fois que l'on disposera d'une appréciation d'ensemble et que l'on connaîtra les grands traits du bâtiment, ce sera le moment d'effectuer une étude plus détaillée de celui-ci. Une organisation stricte de la visite permettra de faire une première appréciation équilibrée de tous les composants et d'éviter que l'attention ne se concentre sur des aspects ponctuels.
Pendant cette première étape de pré-diagnostic, la forme, la précision et la quantité d'informations à recueillir seront, évidemment, différentes de ce qu'elles seront au cours de l'étape ultérieure des études pluridisciplinaires ; ce premier moment se caractérisera par la recherche de valeurs fondamentalement qualitatives.

La mallette du diagnosticien

Sans avoir la prétention d'être exhaustifs, nous présentons ci-dessous des outils qui peuvent être utiles au moment de faire l'inspection technique d'un bâtiment et qui font partie, de plus en plus, de ce que nous avons appelé « la mallette du diagnosticien. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive d'outils nécessaires pour n'importe quelle inspection, sinon de quelques suggestions pour la préparation de l'inspection, qui devront être considérées en fonction des objectifs que l'on se donnera, du type de bâtiment que l'on se préparera à étudier, ainsi que de ses caractéristiques constructives ou des lésions que l'on aura pu y détecter.
Pour une meilleure utilisation de cette liste d'outils, que l'on pourrait considérer comme la mallette du médecin qui vient faire l'examen d'un patient, nous les avons regroupés en cinq chapitres différents :

Recueil et représentation de l'information

- Une planche à dessin, du papier, des crayons, une gomme, des feutres, etc. ;
- Des fiches d'inspection pour le recueil systématique de l'information ;
- Des plans ou des croquis permettant de présenter les aspects intéressants ;
- Un appareil de photo digital ;
- Un appareil de photo avec différentes optiques, qui permettra de faire des clichés de qualité pour les vues générales ou les détails, ou les zones difficilement accessibles ;
- Un magnétophone de poche.

Recueil des données géométriques

- Un mètre ruban de 5 mètres ;
- Un mètre ruban de 25 à 50 mètres ;
- Un échomètre et un télémètre laser, pour les mesures à effectuer dans des lieux d'accès difficile ;
- Un mètre télescopique, pour la mesure des façades ;
- Un tachéomètre ;
- Un niveau optique ou laser ;
- Un niveau manuel ;
- Un niveau d'eau à flexible ;
- Une bille d'acier ;
- Des piquets et de la corde ;
- Un rapporteur d'angle ;
- Un pied à coulisse ;
- Un compte-fils ;
- Un fil à plomb ;
- Une boussole.

Pour faciliter l'observation

- Une baladeuse (porte-lampe protégé et câble électrique) ;
- Une lanterne ;
- Une loupe ;
- Une paire de jumelles ;
- Une lampe-torche ;
- Un escabeau léger ;
- Un élévateur ;
- De la pâte et un rouleau de ruban adhésif.

Prise d'échantillons

- Un marteau, des ciseaux et un tournevis ;
- Des sacs en plastique et des caisses pour le recueil des échantillons (par exemple des boîtes de diapositives) ;
- Des étiquettes adhésives pour référencer les échantillons ;
- Des feutres permanents.

Vérification et détection des lésions

- Un couteau ;
- Un poinçon ;
- Un détecteur de métaux ;
- Un détecteur d'humidité ;
- Un indicateur de pH du béton ;
- Des réactifs pour vérifier l'existence de sels ainsi que leur type.

Dans toutes les visites de reconnaissance, il faut prévoir les dangers possibles qui peuvent se présenter à cause de l'état de la structure ou des installations, à cause des conditions d'hygiène et

de salubrité, à cause de l'abandon lui-même, etc., et pour cela il faut disposer de protections spécifiques que nous ne concrétiserons pas ici mais qui peuvent aller des chaussures renforcées, pour éviter les perforations dues aux clous, aux insecticides, pour se débarrasser des punaises, en passant par un grand nombre d'éléments qui seront adaptés à chaque cas particulier (salopette, chapeau, casque, lunettes anti-poussière, ceinturon de sécurité, masque, gilet porte-outils, gants, etc.).

3. La phase de travail au cabinet

Toute l'information compilée au cours de cette phase doit servir, comme nous l'avons dit, à faciliter la prise de décisions du promoteur. C'est pour cette raison que l'on termine habituellement cette phase par la rédaction d'un rapport de pré-diagnostic qui, de manière claire et brève, conseillera les futures interventions au promoteur (de celle qui consiste à ne rien faire au délogement immédiat de l'immeuble pour éviter les risques d'accident, en passant par le démarrage d'une campagne d'études pour préparer une réhabilitation).



Consultation de la documentation normative de la municipalité pour connaître à l'avance les affectations urbanistiques ou savoir si l'immeuble est inscrit au catalogue.



Pendant l'inspection, utilisation de fiches systématisées pour faciliter le recueil des données.



Prévision des moyens auxiliaires nécessaires pour accéder à toutes les parties du bâtiment à surveiller.



Fissuromètre pour comparaison visuelle.

RehabiMed

Fiche modèle de pré-diagnostic

INFORMATION CONCERNANT LE BÂTIMENT			
Propriétaire :			
Renseignements de contact :			
Adresse :			
Quartier / Ville :			
Nombre d'étages en sous-sol :		Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée +
Nombre de locaux commerciaux :	en propriété	Nombre de logements :	en propriété
	en location		en location
Ancienneté (en années) :		Profondeur édifiée :	m
Surface construite :	m^2	Superficie cours, jardins :	m^2
RENSEIGNEMENTS URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages permis) :		Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	
Classement patrimonial :		Constructibilité :	m^2 plafond / m^2 sol
Nombre d'étages permis :	Rez-de-chaussée +	Profondeur constructible :	m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :		Distance par rapport au centre urbain :	km
Largeur de la rue :	m	Largeur des trottoirs :	m
Hauteur du bâtiment voisin à gauche :	Rez-de-chaussée +	Hauteur du bâtiment voisin à droite :	Rez-de-chaussée +
SERVICES ET FORNITURES			
Eau potable :		Électricité :	
Tout-à-l'égout :		Téléphone :	
CROQUIS DU BÂTIMENT			

RehabiMed — Test d'évaluation de l'état de conservation du bâtiment

Éléments :	Description	État	Urgence	Action recommandée
STRUCTURE (Assurer la cohérence de la descente de charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Armature de la couverture				
COUVERTURE (Assurer l'évacuation des eaux de pluie)				
Revêtement de la couverture				
Auvents				
Cheminées				
FAÇADE (Assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter les éboulements et autres chutes sur la rue)				
Revêtements				
Balcons				
Éléments de menuiserie				
Balustrades, grilles, etc.				
INSTALLATIONS (Garantir leur bon fonctionnement ainsi que la sécurité de l'usager)				
Eau				
Assainissement				
Électricité				
Gaz				
HABITABILITÉ (Éviter l'insalubrité du logement)				
Ventilation des pièces				
Humidité à l'intérieur				
Emplacement et ventilation des WC				
Sécurité en cas d'incendie				
Matériaux dangereux				
ÉVALUATION PATRIMONIALE (Découvrir les valeurs historico-artistiques du bâtiment)				
Structure spatiale				
Ornementations				
Éléments singuliers				
Valeur historique				

ESTIMATION ÉCONOMIQUE (Connaître les coûts de l'opération)		
Valeur de marché sans épuiser les possibilités d'édification [VMA] :		
Valeur de marché maximum en épuisant les possibilités d'édification [VME] :		
Valeur de remplacement + terrain :	Réhabilitation légère m² actuels [VRL] :	
	Réhabilitation lourde m² actuels [VRP] :	
	Réhabilitation en épuisant les m² constructibles [VRA] :	
	Nouvelle construction [VRN] :	

OBSERVATIONS

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

ÉTAT	URGENCE	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Bon état 2- Manque d'entretien 3- Mauvais état	A- Intervention immédiate B- Intervention avant 2 ans C- Intervention avant 5 ans		
Fait à	le ... 20		

L'information apportée dans ce document est valide pendant les six mois qui suivent sa date d'exécution.

RehabiMed

Étude economique [pré-diagnostic]

ÉTAT ACTUEL DU BÂTIMENT			
Propriétaire :			
Renseignements de contact :			
Adresse :			
Quartier / Ville :			
Nombre d'étages en sous-sol :		Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée +
Nombre de locaux commerciaux :	en propriété en location	Nombre de logements :	en propriété en location
Ancienneté (en années) :		Largueur de parcelle :	m
Surface du terrain [SS] :	m²	Profondeur édifiée :	m
Surface construite [SC] :	m²	Superficie cours, jardins :	m²
RENSEIGNEMENTS URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages permis) :		Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	
Classement patrimonial :		Constructibilité [C]:	m² plafond / m² sol
Nombre d'étages permis :	Rez-de-chaussée +	Profondeur constructible :	m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :		Distance par rapport au centre urbain :	km

Étude de marché (Prix de vente de six bâtiments aux caractéristiques similaires)					
	m² construits [TiCT]	**Prix de vente [TiPV]**		**m² construits [TiCT]**	**Prix de vente [TiPV]**
Témoin 1	m²	__	Témoin 4	m²	__
Témoin 2	m²	__	Témoin 5	m²	__
Témoin 3	m²	__	Témoin 6	m²	__
Moyenne des prix de vente de bâtiments similaires dans la zone [PPV] = (Σ (TiPV / TiCT) / Σi) :	__ /m²		Pourcentage de répercussion sur le prix du terrain dans la zone [PS] :		

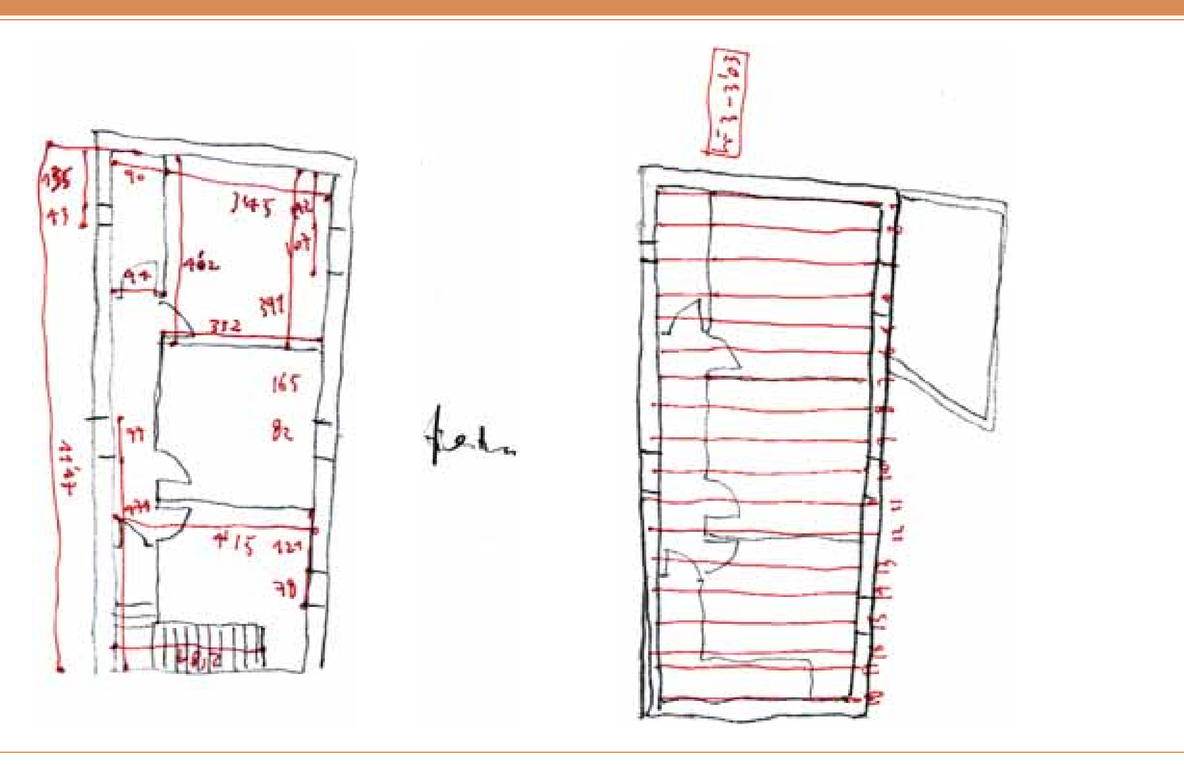
Coûts directs de la construction dans la zone			
Prix de la construction neuve dans la zone [PON] :	__ /m²	Prix de la démolition [PD] :	__ /m²
Prix de la réhabilitation légère [PRL] :	__ /m²	Prix de la réhabilitation lourde [PRP] :	__ /m²
ESTIMATION ÉCONOMIQUE			
Surface maximum à édifier [SME] = (SS x E)		Incidence de la planification [IP] = (SME / SC)	
Coût des travaux de la réhabilitation légère [COR] = 1,18 x (SC x PRL)		Coût des travaux de la réhabilitation lourde [COR] = 1,18 x (SC x PRP)	
Coût des travaux de la réhabilitation en épuisant les m² constructibles [CORA] = 1,18 x (CORP+ (SME-SC) x 1,5 x PON)		Coût des travaux de la construction neuve [CON] = 1,18 x ((SC x PD) + (SME x PON))	
Valeur de marché		Valeur de remplacement + valeur du terrain	
[VMA] = [1,1 x PPV x SC]		[VRL] = [CORL+PS*PPV*SC]	
		[VRP] = [CORP+PS*PPV*SC]	
[VME] = [1,1 x PPV x SME]		[VRA] = [CORA+PS*PPV*SME]	
		[VRN] = [CON+PS*PPV*SME]	

L'information apportée dans ce document est valide pendant les six mois qui suivent sa date d'exécution.

RehabiMed

Fiche modèle de pré-diagnostic (exemple)

INFORMATION CONCERNANT LE BÂTIMENT			
Propriétaire :	Pedro Jiménez Solera		
Renseignements de contact :	8660660505		
Adresse :	Calle de Entresols, 22		
Quartier / Ville :	Mataró		
Nombre d'étages en sous-sol :	--	Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée + 1
Nombre de locaux commerciaux :	1 en propriété	Nombre de logements :	1 en propriété
	-- en location		-- en location
Ancienneté (en années) :	Plus de 100	Profondeur édifiée :	15 m
Surface construite :	150 m²	Superficie cours, jardins :	80 m²
RENSEIGNEMENTS URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages permis) :	Résidentiel, vieux quartier	Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	Aucun
Classement patrimonial :	Aucun	Constructibilité :	1,10 m² plafond / m² sol
Nombre d'étages permis :	Rez-de-chaussée + 2	Profondeur constructible :	14 m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :	Urbaine	Distance par rapport au centre urbain :	-- km
Largeur de la rue :	7 m	Largeur des trottoirs :	1 m
Hauteur du bâtiment voisin à gauche :	Rez-de-chaussée + 1	Hauteur du bâtiment voisin à droite :	Rez-de-chaussée + 3
SERVICES ET FORNITURES			
Eau potable :	Oui	Électricité :	Oui
Tout-à-l'égout :	Oui	Téléphone :	Oui
CROQUIS DU BÂTIMENT			



RehabiMed

Test d'évaluation de l'état de conservation du bâtiment (exemple)

Éléments :	Description	État	Urgence	Action recommandée
STRUCTURE (Assurer la cohérence de la descente de charges)				
Murs et/ou piliers	De maçonnerie	1	--	Rénover le crépi extérieur pour continuer à la protéger.
Planchers	De poutres de bois	2	C	Commander un diagnostic structurel.
Escaliers	De poutres de bois	2	C	Commander un diagnostic structurel.
Armature de la couverture	Charpente de bois	3	A	Étayer les pièces cassées et commander un diagnostic structurel.
COUVERTURE (Assurer l'évacuation des eaux de pluie)				
Revêtement de la couverture	Tuile courbe	2	A	Remplacer les pièces cassées après l'étayage de la couverture.
Auvents	De bois	3	A	Étayer les auvents et commander un diagnostic structurel.
Cheminées	De brique 1	--	--	
FAÇADE (Assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter les éboulements et autres chutes sur la rue)				
Revêtements	Enduit de chaux	2	B	Une fois réglés les problèmes de structure et de couverture, rénover l'enduit.
Balcons	Balcons	--	--	--
Éléments de menuiserie	De bois	2	B	Peinture générale
Balustrades, grilles, etc.	De fer forgé	2	B	Peinture générale
Galerie avec des arcs	De brique	1	--	--
INSTALLATIONS (Garantir leur bon fonctionnement ainsi que la sécurité de l'usager)				
Eau	Tuyauterie de cuivre (rénovée récemment)	1	--	--
Assainissement	De tubes de fibrociment	2	B	Rénovation des descentes
Électricité	2 circuits, 4,4 kW de puissance (rénovée récemment)	1	--	--
Gaz	Gaz butane (rénovée récemment)	1	--	--
HABITABILITÉ (Éviter l'insalubrité du logement)				
Ventilation des pièces	2 pièces non ventilées	3	C	Prévoir une intervention pour ouvrir des fenêtres à moyen terme.
Humidité à l'intérieur	Humidité généralisée sur les murs et les plafonds du rez-de-chaussée	3	A	Commander un diagnostic pour découvrir les causes de l'humidité.
Emplacement et ventilation des WC	Adossés à l'escalier, sans ventilation	3	B	Après avoir réglé les problèmes structuraux, leur trouver un nouvel emplacement.
Sécurité en cas d'incendie	Marches de hauteurs irrégulières dans les escaliers	1	--	En réglant les problèmes structuraux, l'escalier sera rénové.
Matériaux dangereux	Tuyaux de fibrociment (amiante)	2	B	Commander leur substitution à une entreprise spécialisée.

ÉVALUATION PATRIMONIALE (Découvrir les valeurs historico-artistiques du bâtiment)				
Structure spatiale	Espace compris entre deux murs porteurs étroit sur une parcelle médiévale, accès et vestibule médiévaux conservés	1	--	Conserver les accès.
Ornementations	Linteau de la porte d'entrée	1	--	--
Éléments singuliers	Auvents de bois avec des décorations sculptées	3	A	Rendre compatibles le renforcement structurel et la conservation des décorations.
Valeur historique	Demeure située dans l'une des rues historiques du quartier, bien conservée 2	2	C	Conserver la façade.

ESTIMATION ÉCONOMIQUE (Connaître les coûts de l'opération)		
Valeur de marché sans épuiser les possibilités d'édification [VMA] :		504 485 €
Valeur de marché maximum en épuisant les possibilités d'édification [VME] :		573 430 €
Valeur de remplacement + terrain :	Réhabilitation légère m² actuels [VRL] :	358 442 €
	Réhabilitation lourde m² actuels [VRP] :	429 242 €
	Réhabilitation en épuisant les m² constructibles [VRA] :	539 117 €
	Nouvelle construction [VRN] :	537 878 €

OBSERVATIONS

Le bâtiment constitue un excellent témoin de l'architecture traditionnelle du quartier ancien de la ville. C'est à l'origine une demeure destinée à une famille, simple mais solide et qui a subi divers élargissements au fil des siècles. Il est probable que seul le rez-de-chaussée conserve des éléments médiévaux.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au cours de ces dix dernières années, le bâtiment a subi un processus de dégradation important du fait que sa couverture a disparu ; en conséquence, les eaux de pluie ont pénétré à l'intérieur, ce qui a entraîné la détérioration de la structure de bois de la couverture et de l'étage supérieur.
D'autre part, le bâtiment est situé dans l'une des rues les plus anciennes du quartier et elle fait partie d'un ensemble de facture humble mais d'une grande valeur historique.
Il est recommandé de :
- Vérifier la structure endommagée sous la direction d'un architecte/ingénieur ;
- Commander une étude de diagnostic complet du bâtiment (analyse structurelle, étude de l'humidité, étude historique) ;
- Envisager un projet de réhabilitation étant donné qu'une première étude de coûts déconseille la démolition et que le bâtiment a une valeur historique dans la rue dans laquelle il se situe.

ÉTAT	URGENCE	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Bon état 2- Manque d'entretien 3- Mauvais état	A- Intervention immédiate B- Intervention avant 2 ans C- Intervention avant 5 ans	Julián Almagro Pérez, architecte	
Fait à Mataró	le 20 janvier 20 0 6		

L'information apportée dans ce document est valide pendant les six mois qui suivent sa date d'exécution.

RehabiMed

Étude economique [pré-diagnostic] (exemple)

ÉTAT ACTUEL DU BÂTIMENT			
Propriétaire :	Pedro Jiménez Solera		
Renseignements de contact :	8660660505		
Adresse :	Calle de Entresols, 22		
Quartier / Ville :	Mataró		
Nombre d'étages en sous-sol :	--	Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée + RdC + 1
Nombre de locaux commerciaux :	1 en propriété -- en location	Nombre de logements :	1 en propriété -- en location
Ancienneté (en années) :	Plus de 100	Largueur de parcelle :	5 m
Surface du terrain [SS] :	155 m²	Profondeur édifiée :	15 m
Surface construite [SC] :	150 m²	Superficie cours, jardins :	80 m²
RENSEIGNEMENTS URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages permis) :	Résidentiel, quartier ancien	Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	Aucune
Classement patrimonial :	Aucun	Constructibilité [C]:	1,10 m² plafond / m² sol
Nombre d'étages permis :	Rez-de-chaussée + 2	Profondeur constructible :	14 m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :	Urbaine	Distance par rapport au centre urbain :	-- km

Étude de marché (Prix de vente de six bâtiments aux caractéristiques similaires)

	m² construits [TiCT]	Prix de vente [TiPV]		m² construits [TiCT]	Prix de vente [TiPV]
Témoin 1	140 m²	450 000 €	Témoin 4	200 m²	500 000 €
Témoin 2	135 m²	440 000 €	Témoin 5	125 m²	410 000 €
Témoin 3	160 m²	470 000 €	Témoin 6	130 m²	410 000 €

Moyenne des prix de vente de bâtiments similaires dans la zone [PPV] = (Σ (TiPV / TiCT) / Σi) :	3 057 € /m²	Pourcentage de répercussion sur le prix du terrain dans la zone [PS] :	0,55
Coûts directs de la construction dans la zone			
Prix de la construction neuve dans la zone [PON] :	1 200 € /m²	Prix de la démolition [PD] :	55 € /m²
Prix de la réhabilitation légère [PRL] :	600 € /m²	Prix de la réhabilitation lourde [PRP] :	1 000 € /m²
ESTIMATION ÉCONOMIQUE			
Surface maximum à édifier [SME] = (SS x E)	171 m²	Incidence de la planification [IP] = (SME / SC)	1,14
Coût des travaux de la réhabilitation légère [COR] = 1,18 x (SC x PRL)	106 200 €	Coût des travaux de la réhabilitation lourde [COR] = 1,18 x (SC x PRP)	177 000 €
Coût des travaux de la réhabilitation en épuisant les m² constructibles [CORA] = 1,18 x (CORP+ (SME-SC) x 1,5 x PON)	252 402 €	Coût des travaux de la construction neuve [CON] = 1,18 x ((SC x PD) + (SME x PON))	251 163 €
Valeur de marché		Valeur de remplacement + valeur du terrain	
[VMA] = [1,1 x PPV x SC]	504 485 €	[VRL] = [CORL+PS*PPV*SC]	358 442 €
		[VRP] = [CORP+PS*PPV*SC]	429 242 €
[VME] = [1,1 x PPV x SME]	573 430 €	[VRA] = [CORA+PS*PPV*SME]	539 117 €
		[VRN] = [CON+PS*PPV*SME]	537 878 €

L'information apportée dans ce document est valide pendant les six mois qui suivent sa date d'exécution.

Le diagnostic préliminaire L'expérience chypriote

Yiola KOUROU
Architecte
Département de la Planification urbaine et du Logement, Chypre

La restauration et la réhabilitation des bâtiments traditionnels chypriotes sont pour l'essentiel effectuées à l'initiative des propriétaires eux-mêmes. Une fois que la décision de procéder à une préservation générale du bâtiment est prise, un projeteur certifié, qui peut être un architecte ou un ingénieur civil, est contacté. Celui-ci est ensuite informé de l'issue souhaitée, c'est-à-dire la réhabilitation du bâtiment soit pour un usage résidentiel soit pour une exploitation financière.

Dans les centres historiques urbains, l'usage principal des bâtiments traditionnels est résidentiel ; l'usage commercial est habituellement réservé aux rues commerciales du centre ville. Par contre, dans les villages, du fait du déclin accumulé de la population causé par l'absence d'offres d'emploi, l'usage souhaité est pour l'essentiel commercial (agro-tourisme), combiné avec un usage de résidence secondaire (maisons de vacances).

Après l'embauche des concepteurs, une première visite sur le site a lieu pour une inspection visuelle du bâtiment. Le mauvais état d'un grand nombre de bâtiments traditionnels semblent bien être un facteur généralisé. Nombre de ces bâtiments ont en effet été abandonnés et une attention toute spéciale doit être exercée pour leur restauration. Il est très fréquent qu'ils requièrent des supports spéciaux *avant même l'intervention* ou bien une exécution par étapes des travaux de restauration.

Au cours de la visite sur le site mentionnée ci-dessus, il est effectué une étude préliminaire des éléments suivants :

a. Les matériaux de construction (murs de pierre, murs d'adobe, murs de matériaux légers, etc.) ; leurs conditions ainsi que les traces de toute intervention mettant en évidence des problèmes mécaniques ou de stabilité pouvant faire craindre pour la sécurité ; les problèmes de moisissure ; etc. auxquels il faut apporter immédiatement une réponse (par exemple avec la pose d'étaiements pour le bâtiment).
b. La construction du bâtiment, c'est-à-dire le cadre, l'emboîtement et la connexion des éléments ainsi que leur contribution à la stabilité de l'ensemble ; cela peut être très utile au moment de décider de retirer certaines portions des murs intérieurs pour permettre une meilleure fonctionnalité du bâtiment conformément aux désirs des propriétaires, dans le cas où le caractère authentique du bâtiment n'est pas mis en danger.
c. La fonctionnalité existante du bâtiment (c'est-à-dire comment les pièces sont en rapport avec la rue ou avec la cour intérieure), afin d'en tenir compte dans la phase du projet concernant un nouvel usage du bâtiment.



Quartier traditionnel Lefkara (Chypre)

Une documentation complète avec usage de croquis et de photographies devra être faite. Tous les problèmes identifiés tels que dégradation, fentes ou fissures, détérioration, etc., devront être documentés. C'est une partie très importante du travail, étant donné qu'elle aidera l'architecte et/ou l'ingénieur à comprendre le comportement du système structurel et à rechercher les causes qui sont probablement à l'origine des dégradations.

L'évaluation du caractère architectural et historique du bâtiment de même que sa situation au sein du centre ancien sont très importantes. Ces deux éléments doivent aussi être documentés afin d'être pris en compte lorsque le bâtiment obtiendra son statut de monument ancien ou de bâtiment classé.

De plus, l'architecte doit procéder à une investigation sur le site lui-même, en interviewant les voisins ainsi que les personnes âgées du quartier ou de la zone afin de recueillir des renseignements sur le caractère originel du bâtiment, sur toute intervention qui aurait pu être effectuée, ou encore toute information plus générale.

L'étape suivante consiste à prendre contact avec les autorités compétentes pour la détermination du statut légal du bâtiment. Parallèlement, on s'informera des obligations en matière de respect de la planification urbaine et des restrictions relatives aux plans locaux ainsi qu'au *Policy Statement for the Countryside* (Accord politique pour la campagne). Dans le cas d'implantations hautement recherchées, comme cela peut être le cas à Lefkara, il existe des directives concernant la protection du caractère historique du centre, qui obligent à préserver la morphologie ainsi que la typologie des constructions originales (types de murs, d'ouvertures, inclinations et types de toits traditionnels, utilisation

des matériaux régionaux traditionnels, interventions conformes pour les additions/extensions aussi bien internes qu'externes, etc.). Dans le cas d'un monument ancien ou d'un bâtiment classé, des restrictions supplémentaires s'appliquent puisque le bâtiment doit s'accorder avec les principes de préservation suivants :

a. La conservation d'un bâtiment implique aussi la conservation de tous ses éléments (matériaux traditionnels originaux, détails architecturaux, éléments de la décoration ou de la peinture, etc.) de même que la conservation de son environnement et de son échelle. Cela exclut par conséquent toute modification entraînant un changement de volumes, de typologie, de matériaux ou de couleurs.
b. Les nouvelles extensions/additions doivent respecter toutes les parties du bâtiment, son cadre traditionnel ainsi que sa connexion avec l'environnement ; parallèlement, elles doivent se différencier des parties originales du bâtiment et être aussi réversibles que possible, pour permettre éventuellement le retour au statut pré-intervention du bâtiment (principe de réversibilité).
c. Utiliser, en général, les matériaux ainsi que les méthodes de la construction traditionnelle ; seulement dans les cas où celles-ci ne pourraient pas être employées, des méthodes modernes ayant fait la preuve de leur efficacité (empiriquement et scientifiquement) et de leur compatibilité avec les matériaux traditionnels pourront être utilisées.
d. Tous les usages permis par les zones de planification pourront être utilisés dans les monuments anciens et bâtiments classés, à la condition que le caractère spécial des bâtiments (typologie et morphologie) soit respecté.



Mur de matériaux légers (ntolmas – structure de bois avec remplissage de plâtre, de roseaux et de pierre) (Nicosie)



Plancher traditionnel (Lefkara)

Dans les cas de bâtiments ou d'autres structures référencés, le gouvernement chypriote a développé et mis en place un généreux ensemble de mesures d'incitatives.
À titre d'exemple, l'ensemble des primes habituellement données pour les bâtiments classés comprend : des subventions directes pouvant aller jusqu'à 50 % du coût de la restauration approuvée pour un bâtiment classé situé dans une implantation rurale ou dans la campagne, et jusqu'à 40 % pour un bâtiment urbain classé (avec un montant maximum de la subvention de 40 000,00 C£ dans les deux cas) ; le transfert du « coefficient résiduel du bâtiment » (seulement pour les bâtiments urbains classés) ; le « coefficient de donation du bâtiment », de telle manière que le propriétaire peut vendre des mètres carrés supplémentaires pour augmenter le montant de la subvention jusqu'à 50 % dans les cas où c'est moins ; des exemptions d'impôts (y compris des exemptions concernant les coûts de restauration ainsi que les loyers obtenus de la location d'un bâtiment classé ; l'exemption de la taxe foncière et le reversement des frais de transfert de propriété).
L'ensemble des primes habituellement données pour les monuments anciens comprend : des subventions directes pouvant aller jusqu'à 50 % des premiers 60 000,00 C£ du coût de la restauration, jusqu'à 30 % pour les 40 000,00 C£ suivants et 10 % pour le reste des coûts de la restauration pour des immeubles à usage résidentiel ; et des subventions directes pouvant aller jusqu'à 30 % des premiers 60 000,00 C£ du coût de la restauration, jusqu'à 20 % pour les 40 000,00 C£ suivants et 10 % pour le reste des coûts de la restauration pour des bâtiments à usage commercial ou touristique (avec un montant maximum de la subvention de 50 000,00 C£ dans les deux cas), ainsi que des exemptions d'impôts.
Avec le recueil d'informations et l'étude des éléments ci-dessus, les concepteurs du projet mettent le propriétaire du bâtiment au courant de leurs conclusions préliminaires, de leur vision ainsi que de leurs propositions pour le plan de restauration/réhabilitation qui devra être suivi (nécessité d'étaiements, usage proposé, démarches pour le classement de leur propriété comme monument historique/ancien), avant le démarrage de l'étude principale du bâtiment.

Outil 3

Connaître intégralement le bâti

Outil 3

Connaître intégralement le bâti

Le programme d'études

Fernando VEGAS
Docteur architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École technique supérieure d'architecture de Valence (Université polytechnique de Valence), Espagne

Camilla MILETO
Docteur architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École technique supérieure d'architecture de Valence (Université polytechnique de Valence), Espagne

Le point de départ est la situation suivante : une construction traditionnelle a besoin d'une remise en état, d'une réparation ou d'une restauration. Cette construction peut être un logement traditionnel (privé ou collectif, isolé ou inséré dans un ensemble), une enceinte en rapport avec l'économie préindustrielle (moulin, atelier de tissage, pressoir, moulin à huile, basse-cour, étable, etc.), une humble construction religieuse (ermitage, petit sanctuaire, etc.) ou une structure fonctionnelle liée à l'exploitation agricole, l'élevage ou la cynégétique (terrassement, muret, pavement, canal, noria, digue, etc.). Il existe deux situations possibles : que les techniques vernaculaires qui ont donné le jour à ces constructions soient toujours vivantes dans le lieu ou, au contraire, qu'elles fassent partie du passé et que ne soit pas conservé dans la localité le savoir faire des artisans d'antan.

Dans le premier cas, en supposant que les techniques demeurent réellement vivantes dans la localité, la remise en conditions, la réparation ou la restauration de l'architecture traditionnelle peut être entreprise sans difficultés avec le concours des mêmes systèmes constructifs qui l'ont vu naître. Dans le second cas, il faudra faire une étude détaillée de la construction existante qui permette d'accéder à la connaissance de ces techniques constructives pour mieux entreprendre l'intervention.

Dans les deux cas, avant toute étude et comme recommandation générale, il faut savoir que cela renchérit la conservation scrupuleuse des éléments préexistants par rapport à l'alternative parfois envisagée de sa démolition pour entreprendre une complète reconstruction, voire même dans le cas où sont préservées actives les techniques constructives vernaculaires. Dans ces cas-là, on découvre souvent après la démolition que la reconstruction n'est pas si facile ou même que l'on ignore réellement les processus nécessaires pour la mener à bien, malgré le fait que l'on était convaincu du contraire. En plus, la présence des éléments préexistants constitue toujours un livre ouvert auquel on peut se référer pour obtenir la connaissance nécessaire pour l'élaboration d'un projet et son exécution sur le chantier.



Une étude historique peut s'appuyer sur des photographies historiques qui révèlent des informations jusqu'alors inconnues concernant le bâtiment. Église-forteresse de Castielfabib (prov. de Valence, Espagne)

L'étude préalable

Préalablement à la réalisation du projet de restauration, il faut effectuer une étude du bâtiment afin de se rapprocher de la connaissance de l'objet architectural et permettre l'élaboration d'un projet ajusté à sa réalité et à ses besoins réels. En l'absence de moyens disponibles, cette étude préalable peut être réduite à une inspection détaillée qui permette d'interpréter à l'aide de l'expérience de cas similaires le point de départ préalable à l'intervention. Avec des moyens à disposition, cette étude préalable peut être aussi vaste qu'on le souhaite, étant donné que l'horizon de la connaissance ne s'épuise jamais dans le cas des simples constructions traditionnelles.

Comme on le verra plus avant, dans tous les cas, l'exhaustivité d'une étude préalable ne garantit pas une correcte intervention de restauration qui dépend, en dernier lieu, de l'attitude ou des critères de celui qui fait le projet ou de l'acteur de l'intervention. Il est aussi très clair qu'une plus grande connaissance de la réalité construite permet souvent une approximation plus sensible à la restauration, étant donné que la sensibilité croît à mesure que l'on approfondit le contact avec le bâtiment.

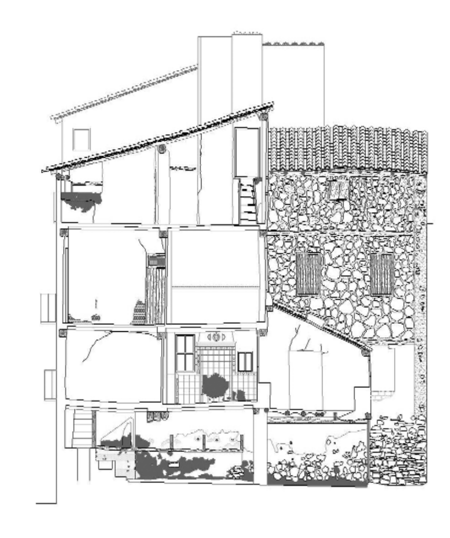
Toutefois, en fin de compte, la conservation accomplie de l'architecture traditionnelle ne dépend pas de la profusion d'études pluridisciplinaires qui, souvent, ne peuvent pas être respectées du fait de leur coût en proportion du coût total de l'intervention, sinon des critères, du respect et de la sensibilité de l'acteur ou des acteurs de l'intervention. Pour cette raison même, il est souhaitable que les universités et les forums de recherche entreprennent ces études pluridisciplinaires pour divers exemples types de l'architecture traditionnelle de chaque lieu ou par type de techniques vernaculaires, de telle manière que ces études facilitent le travail des architectes et des propriétaires qui, par manque de formation, de connaissances ou de moyens, ne peuvent pas entreprendre une étude complète de ces bâtiments.
Un programme d'études préalables au projet de restauration conçu de la manière le plus exhaustive possible peut comprendre les aspects suivants : une étude historique, une relevé métrique descriptif, un relevé photographique, un relevé des modes de construction et des matériaux, une étude stratigraphique, une étude des pathologies, une étude du cadre des fissures et des déformations du bâtiment, une étude fonctionnelle ainsi que d'autres études complémentaires de plus grande spécificité. C'est au jugement de chaque acteur que sera laissée la décision de discerner les études qui seront souhaitables dans chaque cas en fonction des nécessités et des moyens disponibles.

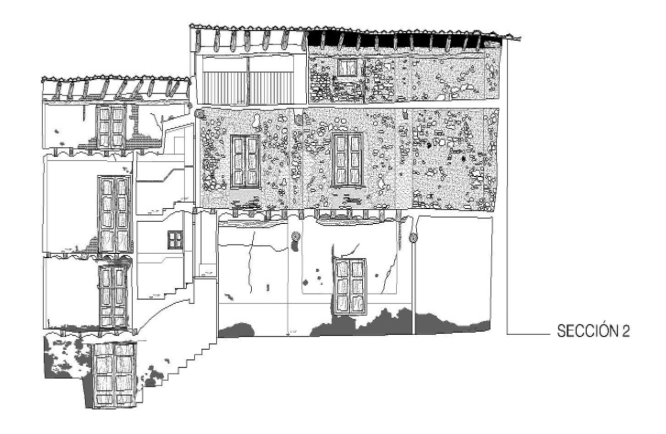
Étude historique

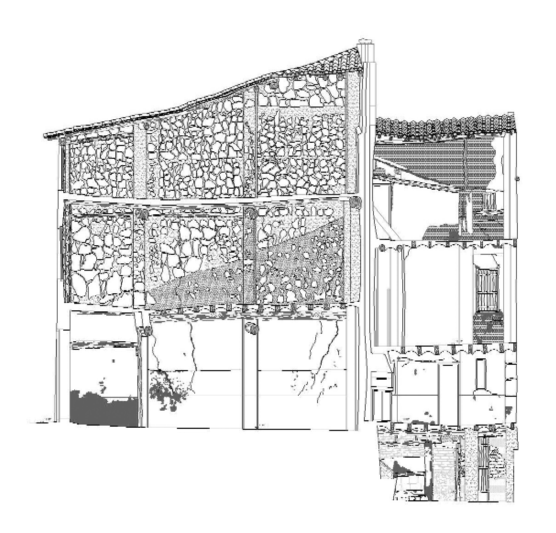
Pour aussi difficile qu'elle puisse paraître à première vue, il ne faut jamais renoncer à la réalisation d'une étude historique du bâtiment traditionnel à réhabiliter ou, à défaut, de l'environnement, de la zone, du village ou de la ville dans lequel ou laquelle il est situé. Cette étude historique peut consister en une simple recompilation de photos anciennes de l'objet architectural, de documentation des sources orales recueillies avec les précautions nécessaires pour leur éventuel caractère partial ou subjectif, de l'étude des bâtiments de morphologie similaire, de la consultation de cas préalables de restauration de bâtiments semblables, etc.

Relevé métrique descriptif

Il s'agit de la reproduction graphique de la réalité construite avec la plus grande exactitude possible. Il est fondamental que ce relevé reflète fidèlement l'objet représenté, étant donné qu'il constituera la base qui permettra d'envisager le reste des études préalables et de réaliser le projet. Les discontinuités, les irrégularités et les déformations doivent être dessinées avec précision et l'on ne doit pas tenter de les simplifier ou de les géométriser sommairement ; en effet, dans la majorité des cas, elles cachent les pistes permettant de comprendre la croissance ainsi que l'évolution historique et les pathologies du bâtiment.
Il existe de multiples moyens pour la réalisation du relevé métrique descriptif, depuis le système manuel à l'aide d'un mètre linéaire et







Le relevé métrique descriptif peut être accompagné des élévations intérieures du bâtiment qui reflètent l'expressivité du matériau. Ancienne auberge de routiers à Torrebaja (prov. de Valence, Espagne)

la triangulation, jusqu'aux systèmes récents de scannage tridimensionnel, en passant par le distanciomètre laser, le théodolite et la photogrammétrie. Le plus naturel dans le cas de l'architecture traditionnelle est l'emploi du relevé manuel qui, bien exécuté dans ces constructions simples, n'a rien à envier en précision aux moyens plus technologiques.
Il convient d'effectuer autant de plans que le bâtiment aura de niveaux et autant de sections transversales et longitudinales que se produiront de situations différentes dans la distribution. La projection des élévations intérieures dans ces sections aidera par la suite l'auteur du projet à se situer à l'intérieur de chaque pièce.
Pour la réalisation de tous ces plans, il est souhaitable de ne considérer comme acquise aucune relation en sens vertical, étant donné que l'épaisseur des murs décroit souvent à mesure que l'on monte ou qu'ils sont inclinés par rapport à la verticale. C'est la raison pour laquelle il est recommandé de fixer au moins trois points de connexion externes ou internes entre les divers étages pour faciliter la localisation postérieure des étages par rapport à ces points.
De la même manière, il ne faut pas prendre pour argent comptant l'existence de plans horizontaux, étant donné que, souvent, aussi bien les étages bas que les planchers supérieurs possèdent des pentes voulues, des inclinations pathologiques ou des flèches structurelles qui peuvent résulter d'une grande utilité pour comprendre le bâtiment et élaborer le projet de restauration.
Pour le relevé des voutains, arcs, voûtes et coupoles, il faudra être attentif à la reproduction fidèle de leur trajectoire dans l'espace, en effectuant au moins une section pour chaque courbure particulière ainsi que des coupes sériées dans le cas d'une voûte de plus grande longueur. Ces courbes en section comparées avec la ligne théorique des pressions permettront d'analyser l'état de santé de l'élément constructif.

Relevé photographique

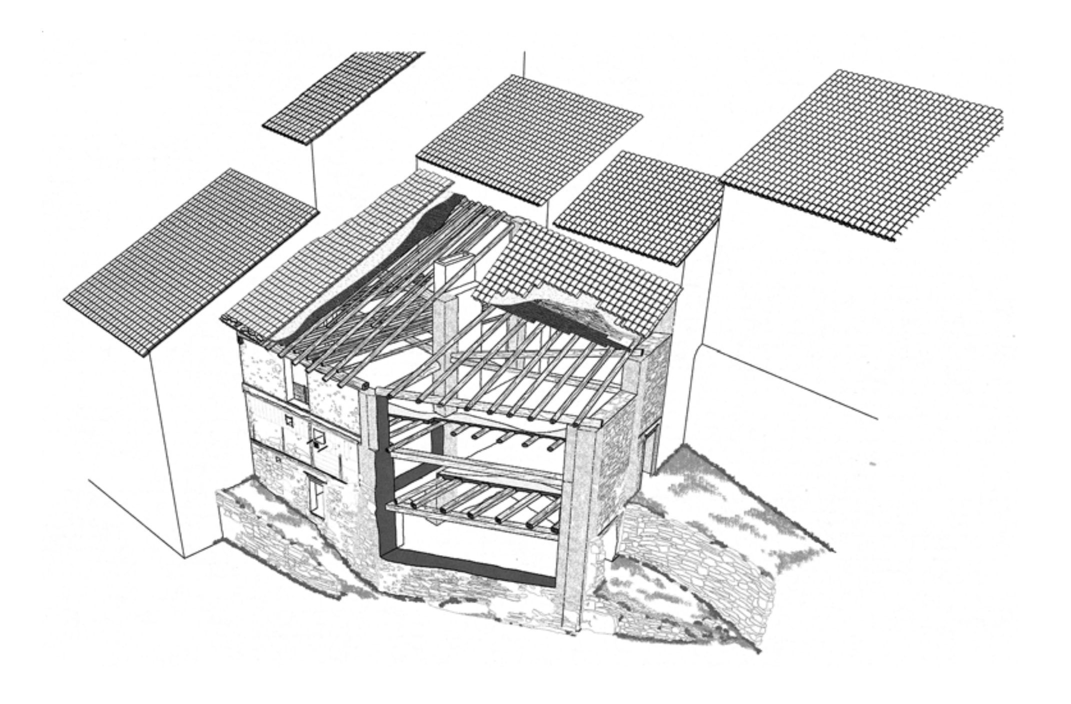
Ce relevé sert pour l'essentiel pour les façades externes et internes du bâtiment. Il s'agit du relevé effectué à l'aide de photographies rectifiées orthogonalement (photoplans) et composées entre elles comme s'il s'agissait d'un puzzle. Il est nécessaire de disposer d'un appui informatique étant donné qu'est prévue la réalisation de photographies digitales (ou sur un support physique scanné par la suite) dont la rectification sera faite grâce aux nombreux programmes informatiques qui existent actuellement sur le marché, leur composition dans l'ordinateur, ainsi que leur édition et impression à une échelle déterminée.
Le relevé photographique des façades du bâtiment ou la réalisation de photoplans de celui-ci a une capacité expressive et communicative qui déborde largement l'information offerte par un relevé métrique descriptif. En effet, un photoplan contient l'objet avec ses mesures exactes mais il apporte aussi des informations quant à la couleur, au matériau, à la texture, à l'état de conservation, etc. De fait, avec des photoplans réalisés à l'échelle, on possède la même information que donne le relevé métrique descriptif plus une grande quantité de renseignements ajoutés que le dessin n'a pas su ou pas pu refléter, au point que ces photoplans pourraient se substituer au premier relevé.
De fait, si l'on dispose du relevé photographique, on effectue le relevé métrique descriptif en calquant l'information offerte par le photoplan sous forme de lignes. À première vue, cela semble être un travail inutile, cependant, cet exercice manuel consistant à reproduire les lignes qu'offre la photographie permet de découvrir à la main des choses qui étaient passées inaperçues au regard.
Si l'on ne dispose pas de moyens suffisants pour effectuer un relevé photographique, ce n'est pas grave. Une simple documentation photographique qui accompagne le relevé métrique descriptif permet le même type d'approximation réelle à l'objet architectural et fournit la même quantité d'informations qu'un photoplan, à la différence que les mesures ne pourront être prises que dans le relevé métrique descriptif.

Relevé des modes de construction et des matériaux

Il est effectué sur le support physique du relevé métrique descriptif ou du relevé photographique. Il a pour objectif l'identification et la dénomination de tous les types de matériaux employés : les types de maçonnerie et leurs appareils respectifs, les briques, les pisés, les mortiers employés, les badigeons intérieurs, les crépis extérieurs, le bois employé dans les poutres, poutrelles, menuiseries, parois intérieures, montants, les verres, les types de



Les photoplans constituent une technique d'une grande utilité parce qu'ils recueillent non seulement les données métriques mais aussi la couleur, la texture, les dégradations, etc. Ancienne auberge de routiers à Torrebaja (prov. de Valence, Espagne)



Le relevé des modes de construction et des matériaux permet une description détaillée du fonctionnement structurel du bâtiment, aussi bien dans ses parties individuelles que dans son ensemble. Maison traditionnelle à Sesga (prov. de Valence, Espagne)

plancher, les couvertures, les tuiles, les carreaux ou les dalles, etc. et pas seulement ces matériaux mais aussi leurs systèmes de regroupement et de combinaison pour former les détails constructifs du bâtiment qui ont une réponse double concernant leur fonction ainsi que la compatibilité physique entre eux.

Quel est l'objectif de ce travail ? L'identification précise des divers matériaux et des techniques constructives employés dans le bâtiment facilite en premier lieu l'élaboration de l'étude stratigraphique mais, surtout, elle permet au travers de ce nouvel échelon dans la découverte de l'objet construit le choix ainsi que la conception des meilleurs processus de consolidation, de traitement et de réparation des éléments individuels qui font partie de l'ensemble.

Par exemple, un mur avec un appareil n'est pas la même chose qu'un mur badigeonné avec un mortier de terre, de plâtre ou de chaux, et chacun d'entre eux devra recevoir une attention différente. Les divers types de bois ont un comportement différent face à l'humidité et à l'attaque des insectes et des champignons xylophages. La connaissance précise d'une section constructive peut offrir de nombreuses explications pour comprendre les pathologies d'un bâtiment. Et ainsi de suite.

Étude stratigraphique

Il s'agit d'une étude de l'évolution de la croissance, des agrandissements et des modifications dont a été objet le bâtiment à étudier. Elle ne requiert pas de documentation historique écrite, ni de renseignements à rechercher dans une bibliothèque ou des archives. Évidemment, si cette documentation existe, il ne faut pas la négliger, mais cela se passe très rarement dans le cas de l'architecture traditionnelle.

Au contraire, l'étude stratigraphique se fait directement en lisant les signes que présentent les maçonneries construites du bâtiment. L'objectif de l'étude stratigraphique est l'organisation en une séquence chronologique relative des phases de la vie d'un bâtiment, avec ses ajouts, ses agrandissements, ses transformations, ses démolitions, etc.

Cette lecture requiert une certaine pratique ainsi que l'adoption d'un code de signes qui permette de recueillir petit à petit sur les plans l'information que l'on obtient des maçonneries. Dans ce cas, le relevé photographique ou les simples photographies sans échelle sont préférables au relevé métrique descriptif, du fait de l'importance de toute ces informations supplémentaires qu'offre la photographie.

Si un relevé des modes de construction et des matériaux a été effectué préalablement, on sera dans de meilleures conditions d'élaboration de l'étude stratigraphique car on aura déjà affiné dans la connaissance des divers types de maçonneries qui apparaissent dans le bâtiment et qui correspondent parfois à des phases différentes de la construction. Parallèlement, les irrégularités et les discontinuités rencontrées dans les murs



L'étude stratigraphique permet de dévoiler des informations non recueillies dans aucun document écrit mais présentes dans les traces des maçonneries. Maison traditionnelle à Sesga (prov. de Valence, Espagne)

pendant le relevé des étages de distribution seront de possibles points d'information pour la stratigraphie.

Il est aussi très intéressant de croiser l'information obtenue de l'étude stratigraphique avec celle concernant les pathologies du bâtiment, étant donné que les blessures déjà refermées du bâtiment à un moment de son existence ordonnées au sein de la séquence chronologique du bâtiment apportent des renseignements sur la présence active ou inactive du facteur ayant entraîné les pathologies. Par exemple, une petite fissure dans un mur badigeonné peut correspondre à une grande fente réparée de manière réitérative au cours de l'existence du bâtiment et couverte successivement par de multiples couches de badigeons de divers âges.

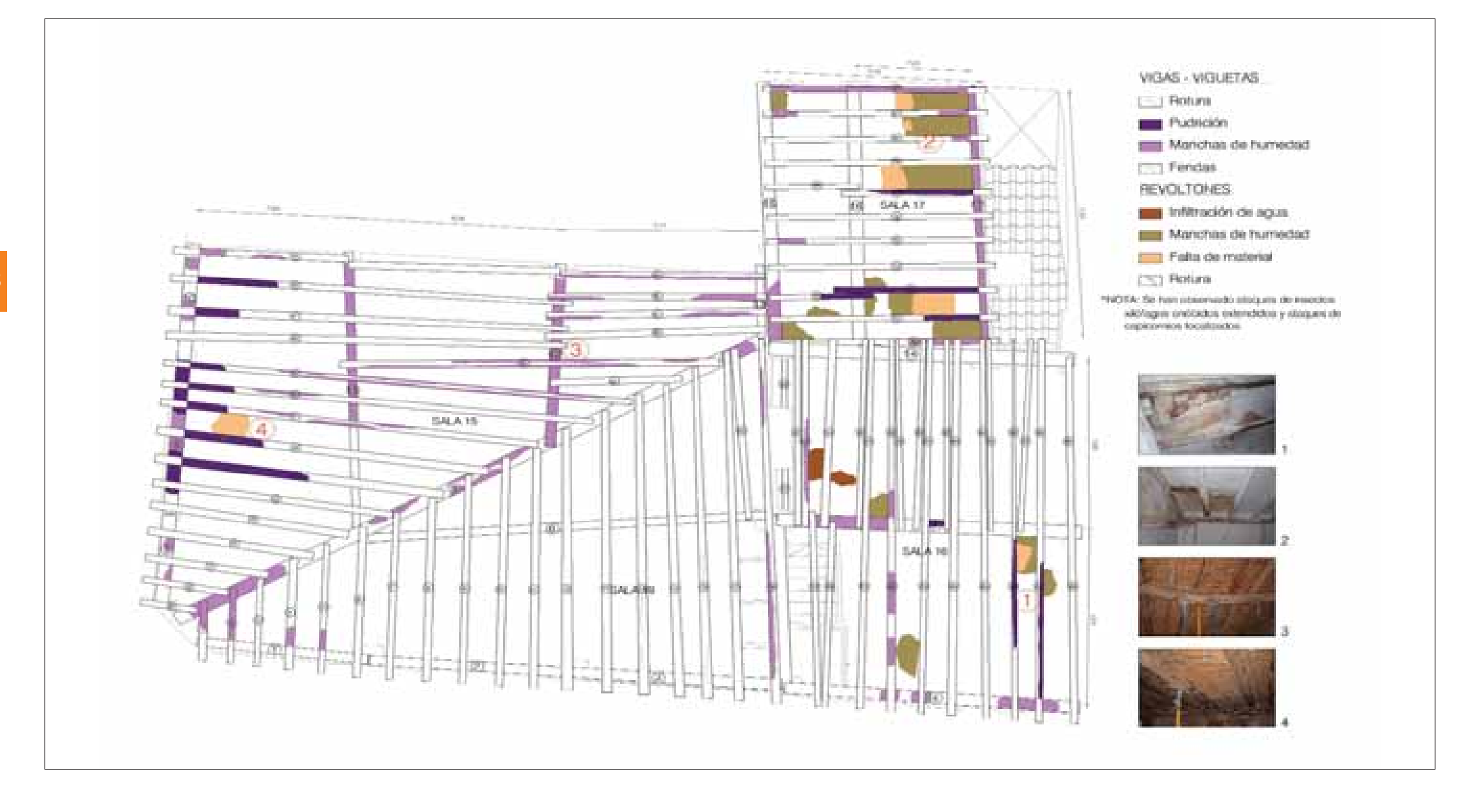
Étude des pathologies des matériaux

La détection, l'identification ainsi que l'étude des pathologies du bâtiment constituent l'étape préalable nécessaire pour l'élaboration d'un projet de restauration qui permette de revenir à un état de santé intégrale du bâtiment. Les pathologies se manifestent normalement à la superficie des éléments construits, bien qu'il existe aussi des cas, comme dans celui d'une attaque de thermites, où le matériau affecté –dans ce cas le bois– ne présente aucun signe à sa superficie et qu'il sera donc nécessaire de rechercher d'autres types d'indices parallèles de leur existence.

Il faut distinguer avant de commencer entre deux types de phénomènes : les altérations et les dégradations. Les altérations constituent des modifications du matériau qui n'impliquent pas nécessairement une détérioration de ses caractéristiques du point de vue de la conservation. Les dégradations, par contre, sont ces transformations dont souffre le matériau et qui impliquent un empirement qui met en danger son intégrité ainsi que sa permanence.

Les altérations n'engagent pas l'existence du bâtiment à restaurer et, par conséquent, elles ne doivent pas faire l'objet de préoccupation ni d'intervention. De fait, les altérations donnent la mesure du temps qui passe sur le bâtiment et, en respectant sa dignité, elles constituent la précieuse patine qui permet à l'observateur d'identifier la valeur d'antiquité du bâtiment. Les dégradations, par contre, doivent être l'objet d'attention puisque leur négligence peut compromettre l'existence du bâtiment à court, moyen ou long terme en fonction de la gravité des cas.

Il convient de repérer dans les plans toutes ces observations réalisées sur les maçonneries en ce qui concerne les phénomènes de dégradation présents sur les superficies des matériaux. Dans les matériaux pierreux, comme les maçonneries de pierres, les pisés, les mortiers ou les badigeons, ces phénomènes peuvent être



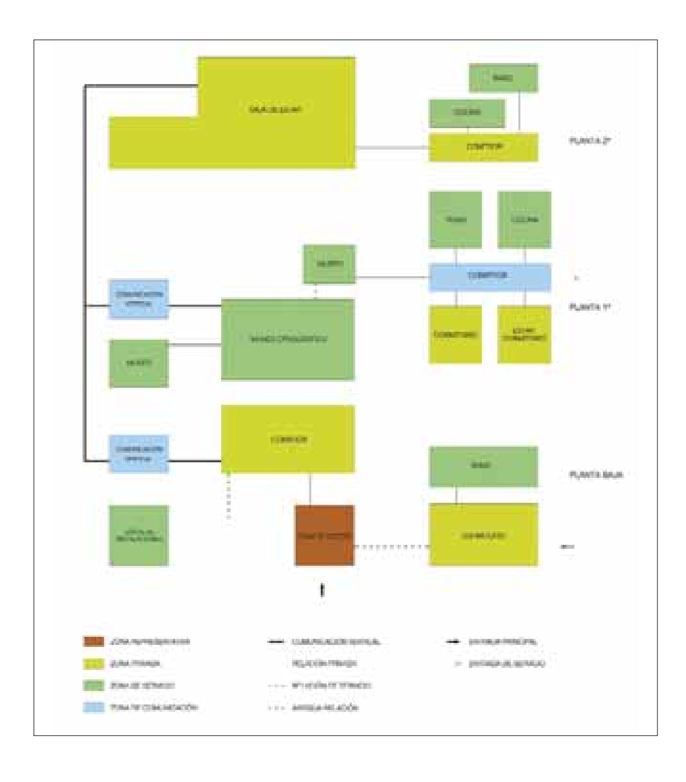
L'étude des pathologies sur la base du relevé métrique permet une approche ultérieure au moment du projet de restauration. Ancienne auberge de routiers à Torrebaja (prov. de Valence, Espagne)

l'érosion superficielle ou profonde, les cavités, la désagrégation, la desquamation, le picage, le lavage, les concrétions, la croûte noire, etc. Dans les matériaux de provenance animale employés occasionnellement dans la construction comme le cuir, les os (cornes), les fibres animales (laine) ou les divers additifs employés dans l'élaboration de mortiers dans diverses parties du monde (œufs, colles, fibres, duvet, miel, etc.), ce sont les fibres animales qui se trouvent les plus exposées à l'attaque des mites et autres insectes semblables. Dans les matériaux de construction végétaux tels que le bois, la canne, l'osier ou le chaume, ces phénomènes de dégradation peuvent être les divers types d'attaque biologique des champignons et des insectes xylophages.

Étude du cadre de fissures et de déformations

La combinaison du cadre de fissures et de déformations de la construction traditionnelle dans son ensemble fournit d'intéressants renseignements sur les pathologies structurelles dont souffre le bâtiment. Souvent, la simple observation d'une fissure isolée hors de son contexte de fissuration et de déformation de tout le bâtiment peut tromper. Ainsi, parfois, la confluence de divers phénomènes de divers types peut confondre un examen initial précipité non assorti d'une analyse approfondie. Le cadre de fissures doit être repris sur les plans du relevé métrique descriptif ou photographique. Il est souhaitable de préparer convenablement l'élaboration d'une légende de signes permettant de distinguer et d'identifier parfaitement le type de lésion qui est documenté. De cette manière, on constatera facilement qu'une fissuration superficielle d'un badigeon n'est pas la même chose qu'une fente qui pénètre dans les murs du bâtiment. Parallèlement, il convient d'observer attentivement chacune des lésions pour découvrir sa direction, sa rotation ainsi que le sens de son mouvement. Pour ce faire, on doit prêter attention aux deux lèvres de la fissure et découvrir si elles sont sur un même plan ou déplacées entre elles, si elles sont parallèles ou confluent en un point, si elles traversent toute l'épaisseur du mur ou si elles ne s'ouvrent que sur l'une de ses faces, et ainsi avec chacune des lésions.

Le cadre de déformations sera déjà recueilli dans le relevé métrique descriptif si celui-ci a été effectué avec précision. À ce point, la combinaison des renseignements concernant ces déformations avec le cadre de fissures reflété dans les plans permet la réalisation d'un diagnostic des mouvements structurels que l'on peut vérifier sur les maçonneries. Le contraste de ces renseignements avec l'information obtenue dans l'étude stratigraphique peut permettre de constater dans certains cas l'inactivité présente d'une vieille lésion ou, au contraire, l'activité continue de celle-ci depuis très longtemps.



L'étude fonctionnelle du bâtiment dans le passé permet d'adapter de manière raisonnée et justifiée la nouvelle fonction du bâtiment après la restauration. Maison traditionnelle à Sesga (prov. de Valence, Espagne)



Le cadre de fissures et de déformations d'un bâtiment réalisé dans le détail permet de comprendre l'évolution historique des maux dont il est atteint ainsi que les raisons de ces maux. Immeuble de logements sur la Plaza del Pilar, Valence (Espagne).

Étude fonctionnelle

Avant de procéder à l'élaboration d'un projet de restauration, il est souhaitable de réaliser une étude de la fonction historique du bâtiment que l'on prétend restaurer ainsi que de sa compatibilité avec la fonction future que l'on souhaite lui assigner. Cette analyse préalable peut permettre de détecter de possibles incongruités de conception ou des violences distributives que l'on provoquerait au bâtiment par inadvertance, à temps donc pour corriger le sens erroné d'un programme fonctionnel ou d'un avant-projet qui n'aurait pas tenu suffisamment compte de la préexistence du bâtiment traditionnel ainsi que de la nécessaire prépondérance de sa complexion et de son caractère sur le projet de restauration.

Études complémentaires

Il existe toute une série d'études complémentaires d'une plus grande spécificité qui sont habituellement réservées pour des interventions de plus grande envergure et de plus grand budget, comme cela peut être le cas de la réhabilitation des monuments de caractère public. Dans tous les cas, nous signalons ci-dessous certaines d'entre elles pour l'éventualité où un cas concret de restauration d'un bâtiment traditionnel pourrait les nécessiter et où l'on pourrait disposer des moyens techniques et économiques nécessaires à leur réalisation :

- Archéologie : excavation du sous-sol du bâtiment ou de son environnement pour découvrir des traces de son passé ou rechercher ses fondations ;
- Géotechnique : lecture du sous-sol depuis la surface au moyen d'appareils d'émission d'ondes magnétiques, électriques, ultrasons, etc. ;
- Caractérisation chimique et pétrographique : analyse d'échantillons de pierres, de mortiers ou de badigeons pour connaître leur nature et leur composition matérielle ;
- Dendrochronologie : détermination de l'âge du bois employé dans une construction à partir de l'observation des cercles concentriques de celui-ci ;
- Études biologiques : recherche des invasions d'insectes, de la présence de végétation inférieure ou supérieure, et de l'affection de celle-ci sur les matériaux du bâtiment ;
- Études climatologiques : analyse de l'incidence des précipitations (pluie, grêle), des vents, de l'ensoleillement, des cycles de gel et de dégel, ainsi que des périodes annuelles de sécheresse sur l'état de conservation du bâtiment ;
- Vulnérabilité sismique : analyse des points faibles du bâtiment face à l'éventualité d'un mouvement tellurique dans la localité.

Études historiques et interventions archéologiques.
Outils de connaissance de l'architecture traditionnelle méditerranéenne

Abdellatif MAROU
Diplômé de l'Institut national des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Rabat (INSAP)
Conservateur adjoint des Monuments et Sites historiques auprès de l'Inspection des Monuments et Sites historiques de Marrakech, chargé des travaux de restauration à Marrakech, Maroc

Jordi ORTEGA
Historien, Barcelone, Espagne

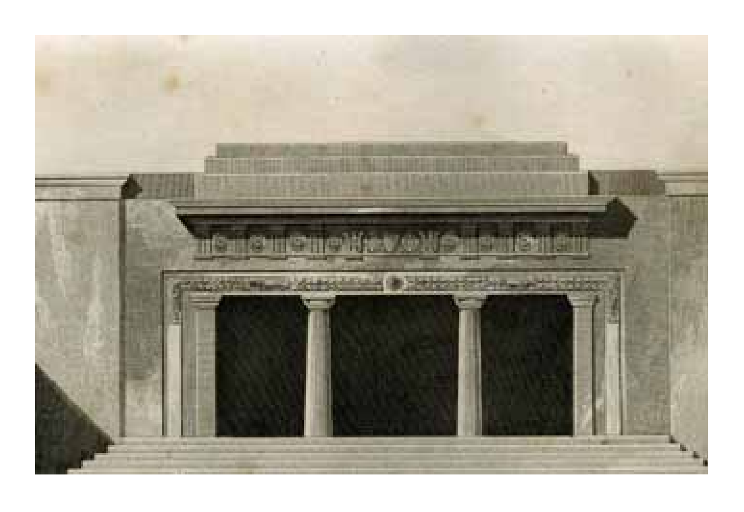
Montserrat VILLAVERDE
Historienne de l'art, professeur d'Histoire de l'Architecture à l'École d'Architecture La Salle de Barcelone, Espagne

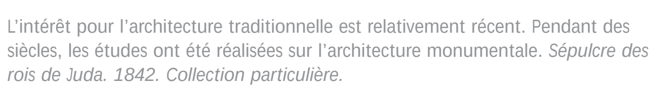
Quelques considérations préliminaires

L'intérêt pour l'architecture traditionnelle, que ce soit du point de vue architectural, constructif, anthropologique ou historique, est relativement récent et les premières tentatives pour découvrir de manière systématique ce type de constructions ont à peine cent ans. Plus récente encore est la possibilité de le faire en profitant d'une connaissance historique ; une lecture historique des bâtiments avait été faite, pour l'essentiel, lorsqu'il s'agissait d'édifices somptuaires tels que les palais, les cathédrales ou les mosquées, et celle-ci a rempli de nombreux volumes, les uns après les autres. L'objet itératif de son discours est l'analyse formelle et la lecture symbolique, et elle focalise toujours sa réflexion sur le passé. On peut ainsi comprendre l'histoire comme étant la narration des faits passés mais pas comme une méthode permettant la découverte de la réalité. Ainsi, l'histoire est assimilée à l'antiquité ; or, l'antiquité en elle-même ne constitue pas, dans ce cas, un critère d'évaluation.

L'architecture traditionnelle dans la Méditerranée —mais peut-être devrait-on plutôt parler d'architecture traditionnelle méditerranéenne ?— est de nos jours une valeur économique en hausse ; et cette circonstance, en rien gratuite, fait qu'on lui impose différents types d'« intervention ». Or, combien sont ceux qui ne reconnaissent plus leur village, leur quartier ou leur rue après un processus de « régénération » dans lequel l'expérience et le vécu sont réduits à une caricature, et la valeur historique à des valeurs en marge du devenir, et qui tente en outre de congeler sur nos rétines des scénographies prétendument historiques ?

Dans ce cadre, les études historiques ne prétendent pas « légiférer » quant à l'intervention sur le patrimoine traditionnel : là n'est pas leur objectif. Elles doivent plutôt apporter le maximum d'information possible sur leur objet d'étude, être l'un des facteurs qui contribuent à sa connaissance et à sa compréhension, en considérant à tout moment la nature de cette architecture comprise dans sa mutabilité permanente. Dans cette ère de




L'intérêt pour l'architecture traditionnelle est relativement récent. Pendant des siècles, les études ont été réalisées sur l'architecture monumentale. *Sépulcre des rois de Juda. 1842. Collection particulière.*



Les études historiques doivent traiter chaque bâtiment comme une œuvre unique et irremplaçable. *Négatif C-46374. 1925. IAAH-AM.*

mondialisation –ou d'annulation des spécificités dans tous les domaines–, les études historiques se doivent de mettre l'accent sur les différences plutôt que sur les caractères communs, et de traiter chaque bâtiment construit comme une unité unique et inimitable ; sa compréhension facilitera les réhabilitations en accord avec son propre devenir.

Interprétations symboliques de l'architecture traditionnelle méditerranéenne

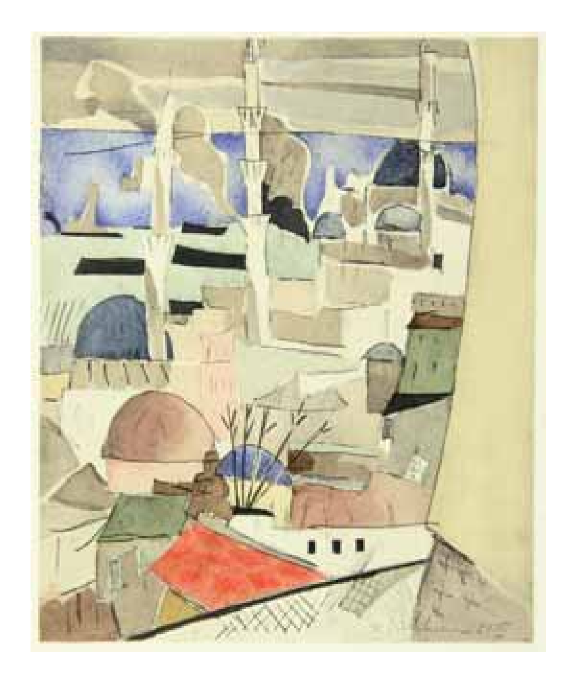
Les interprétations symboliques qui ont recréé l'architecture traditionnelle dans la Méditerranée, au cours de ces trois derniers siècles, sont en même temps innombrables et de natures différentes. Elles vont en effet des lectures idéalisées, pittoresques, exotiques, typiques, etc. à des lectures plus créatives et plus pédagogiques. Et ces interprétations nous ont transmis différentes valeurs d'une architecture qui, jusqu'à présent, n'échappe pas aux stéréotypes.

Les premières interprétations dont nous disposons se trouvent dans les récits faits par les pèlerins au retour de leurs voyages. Dans les *Rihlas*[1] , les descriptions se centrent pour l'essentiel sur les bâtiments les plus monumentaux de la ville, de même que dans les voyages du Grand Tour, qui ont été des voyages de découverte, fruit de l'esprit des Lumières, et qui ont apporté pour l'essentiel des descriptions de l'architecture monumentale gréco-romaine. Dans les deux cas, bien que la nature du voyage ait été très différente, les contributions à la connaissance de l'architecture traditionnelle ont toujours été très partielles et peu significatives. Mais cette même mentalité des Lumières a été à l'origine des premières œuvres d'analyse et de description minutieuses de certaines zones. « La Description de l'Égypte »[2] est à cet égard emblématique : il comprend, dans sa rigueur encyclopédique, la description ainsi que l'analyse de tout un territoire ainsi que d'une société de culture millénaire. Cette œuvre maîtresse offre en outre de magnifiques descriptions des métiers traditionnels. Dans un autre ordre d'idée, mais fruit aussi de ce même esprit, on a réalisé les premières études sur des zones rurales, pour l'essentiel descriptives, comme par exemple l'œuvre de Gaspar Melchor de Jovellanos[3] en Espagne et, en matière de construction, l'ouvrage d'Antoine Desgodets[4] sur la tradition constructive à Paris.

Bien que les artistes romantiques introduisirent les thématiques populaires dans leurs créations de caractère culte, celles-ci furent toujours idéalisées. Les apports concernant les us et coutumes locaux étaient incorporés à tous les niveaux artistiques, de la peinture au récit, en incluant la musique. Reconnaître les influences de l'exotisme dans les séguedilles de *Carmen* de Bizet ou visualiser les ambiances populaires siciliennes dans les tarentelles de *Cavalleria Rusticana* de Mascagni ne sont qu'un petit échantillon de la manière dont les thématiques traditionnellement éloignées de la vie quotidienne incorporèrent progressivement des éléments populaires.



Les études ethnographiques et anthropologiques constituent un outil de base indispensable pour comprendre l'architecture traditionnelle dans sa globalité. *Espagne, 1940.*



La lumière et la couleur des villes méditerranéennes sont les valeurs les plus importantes de la production artistique de la première moitié du XXe siècle. *Istanbul.*

Scénographies pour une architecture traditionnelle

Les premières scénographies des architectures traditionnelles, méditerranéennes ou non, se trouvent dans les expositions nationales et internationales. Grâce au progrès et aux innovations, certaines expositions incluent la reproduction d'ouvrages d'architectures qui symbolisent l'unification de leurs territoires. C'est en 1884 que l'Italie, tout récemment unifiée, organisa l'Exposition générale italienne à Turin, en construisant un *Borgo Medioevale* (Bourg médiéval), qui est encore conservé de nos jours. Genève accueillit l'Exposition nationale suisse en 1896, et triompha avec la construction du Village suisse, espace dans lequel étaient reproduites les architectures traditionnelles les plus importantes de l'ensemble du pays. Cette exposition précéda la construction du *Pueblo Español* (Village espagnol) à Barcelone à l'occasion de l'Exposition internationale de 1929. Celui-ci, qui fut l'une des références ayant attiré le plus de visiteurs de toute l'exposition, peut encore être visité de nos jours. De même que le *Village suisse*, le *Pueblo Español* alla bien au-delà de la simple reproduction des architectures locales en créant un espace public *a-historique*, dans lequel est niée toute possibilité de futur, tout changement, toute mutabilité. C'est une sorte d'îlot dans le temps, une scénographie parfaite en marge du temps, et ses ruelles ont d'ailleurs servi de scène à tous les types de recréation du passé ; l'année dernière, c'est sur sa grande place, la *plaza Mayor*, qu'ont été tournées les séquences les plus spectaculaires du film *Le Parfum*. Il est intéressant et surprenant d'observer comment le personnage Jean-Baptiste Grenouille rend folle toute la population sur la grand-place de Grasse, alors que l'on peut observer, dans le lointain, la reproduction de la tour mudéjar du village d'Utebo du *Pueblo Español*.

De toute manière, il est naturel que les scénographies soient utilisées comme telles. Ce qui est habituellement plus choquant, c'est l'utilisation et la manipulation de certaines scènes naturelles, considérées comme un patrimoine pour leur valeur en tant qu'ensembles traditionnels, pour la réalisation de scénographies cinématographiques. À Aït Benhaddou, au Maroc, on peut encore voir de nos jours une grande porte construite en 1962 pour le tournage du film *Lawrence d'Arabie*. Cette porte est presque aussi réelle/irréelle que les décors qui furent réalisés en 1937 dans les studios de Hollywood pour le film *Algiers*, dans lequel Pépé le Moko se débarrasse des policiers qui le poursuivent dans les étroites ruelles de la Casbah d'Alger. Il est difficile dans ces circonstances de distinguer entre réalité et fiction.

De nouvelles interprétations symboliques, développées pour répondre aux nécessités du boom touristique à partir de la moitié du XXe siècle, ont transformé un certain nombre de centres historiques et de zones rurales en de véritables parcs thématiques, dans lesquels la valeur la plus importante n'est pas seulement la libre spéculation sur le territoire et la rentabilisation à court terme des investissements mais aussi la transformation et la création d'un produit standardisé qui a presque toutes les caractéristiques des villages typiques des expositions internationales. Revitaliser le territoire ne devrait pas comporter la destruction de cette architecture ; cela ne devrait pas non plus nous obliger à créer des paysages qui n'ont jamais existé en contournant leur passé et en créant des images congelées, de datation indéterminée.

Coïncidant avec le succès obtenu à l'Exposition internationale de Barcelone de 1929, la revue *La Ilustración Iberoamericana* offrit à ses lecteurs ce supplément à découper de l'église d'Alcañiz et du clocher d'Utebo.



Actuellement, la *maison méditerranéenne* est devenue un produit typique standardisé en vente dans les kiosques.

Architecture traditionnelle et études historiques

Comme nous le commentions dans les considérations préliminaires, aucun type d'architecture n'est immuable, et encore moins si l'architecture dont nous parlons est l'architecture traditionnelle. En effet, cette architecture-là comporte de manière implicite la mutabilité, les changements de sa configuration ou de son apparence, en réformant ou en ajoutant de nouveaux éléments structuraux et ornementaux. Nous sommes habitués à percevoir l'architecture comme quelque chose de presque permanent et définitif, avec des changements presque imperceptibles qui s'intègrent à notre perception et s'évadent rapidement de notre mémoire. Avec ces prémisses, il est difficile de comprendre l'architecture traditionnelle comme sujette au changement, fluctuante et élastique.

Tout élément d'un bâtiment, quel qu'il soit, depuis ses fondations jusqu'à ses plus petites ornementations, est toujours le résultat d'un fait précis dans l'espace, ainsi que dans le temps ; et des faits en rapport les uns avec les autres grâce à des liens de causalité, de simultanéité ou de coïncidence constituent un processus. Du point de vue historique, l'architecture est un processus, dans la mesure où le temps est un élément primordial dans sa configuration. Or, un bâtiment doit être analysé d'un point de vue chronologique et, par conséquent, historique. Il est bien rare qu'un processus chronologique parvienne à une concrétisation physique aussi tangible et évidente que dans le cas de l'architecture et du patrimoine. Et ce, dans leur sens le plus primordial et élémentaire parce que, justement, c'est ce qui permet de découvrir de manière intrinsèque la singularité ainsi que l'essence de chaque chose. Chaque processus est unique et ne peut être répété, de même que les résultats. Il n'existe pas deux bâtiments identiques comme il n'y a pas non plus deux séquences absolument semblables.

Le développement séquentiel de l'architecture traditionnelle est l'une de ses caractéristiques fondamentales. En marge de sa situation géographique, l'architecture traditionnelle a toujours eu un long développement dans le temps et ses manifestations ont en commun une dynamique permanente d'adaptation et de modification. La fonction essentiellement utilitaire de ce type de bâtiments ainsi que leur long développement chronologique expliquent comment dans un même bâtiment peuvent coexister des éléments structuraux et décoratifs de diverses époques qui peuvent être susceptibles d'avoir été conservés en fonction des critères que l'on aura choisis en divers moments comme prioritaires ou seulement pertinents. Cette architecture s'exprime dans une juxtaposition et une manipulation additive ou soustractive permanente des éléments existants. Il convient par conséquent d'en avoir une approche dynamique et évolutive, et jamais statique.

Approche d'une méthodologie

La nécessité de connaître le contexte

L'analyse du contexte permet de déterminer de la manière la plus précise possible l'action, les agents qui y participent ainsi que l'ambiance qui explique l'intervention. Là encore, il n'y a pas nécessairement un agent unique pour chaque fait, et une action peut être exécutée ou assumée par différents agents, chacun d'entre eux intervenant avec des circonstances et un contexte particuliers.

La contextualisation est ce qui rend significatif le fait et la connaissance de celui-ci, parce qu'elle explique et donne son sens avec certitude à la concrétisation constructive. Les éléments de contexte qui peuvent avoir une incidence sur une action déterminée peuvent être extraordinairement divers et ils peuvent aller de simples opérations d'entretien à la réparation ou à la reconstruction après des dommages causés par des guerres, des catastrophes naturelles, etc., jusqu'à des opérations menées avec d'autres critères plus subjectifs mais tout aussi importants tels que la nécessité, l'ostentation, etc. C'est pour cette raison qu'il convient de différencier deux types de contexte : l'*endo-contexte* et le *méta-contexte*.

L'endo-contexte est constitué par les conditions imposées très directement aux agents et, par conséquent, à leurs actions. Il affecte directement chacun des agents, et c'est lui, en définitive, qui définit de la manière la plus directe les raisons de leurs actions –ce sont les espaces physiques, la condition sociale et les circonstances les plus immédiates. Le méta-contexte, quant à lui, affecte différents agents à la fois –ce sont les réglementations, les coutumes, les systèmes techniques, les valeurs symboliques, etc.– et il n'y a aucune possibilité de contrôle direct sur lui.

Connaître la ville et le territoire, le cadre législatif et juridique ainsi



Analyser le méta-contexte permet de comprendre pourquoi deux bâtiments se ressemblent et pourquoi les noyaux urbains conservent une certaine homogénéité.

que la tradition culturelle permettront de comprendre pourquoi deux maisons peuvent se ressembler entre elles et nous rapprocheront de leurs similitudes ; en revanche, savoir qui vivait dans la maison, connaître les membres de la famille ainsi que leur représentativité sociale, découvrir les activités qui y étaient réalisées permettront de comprendre pourquoi chaque maison est différente de sa voisine.
En définitive, l'endo-contexte explique pourquoi deux maisons sont différentes alors que le méta-contexte explique, quant à lui, pourquoi elles se ressemblent.
L'étude historique doit donner la priorité à la contextualisation de chaque fait de la séquence constructive de la maison parce que, si l'on ne connaît pas le contexte, il sera difficile de découvrir l'action au-delà de la simple anecdote. Il faut savoir qui étaient les agents, à quoi était destinée la maison, où elle se trouvait, comment elle avait été projetée et comment elle était construite. En définitive, il faut répondre aux questions *Quoi ? Quand ? Comment ? et Pourquoi ?* Il s'agit là des questions de base qui permettront de renforcer la connaissance. Par ailleurs, la contextualisation permet d'éviter la simplification et le réductionnisme, d'identifier et de donner de la valeur aux singularités et aux divergences, et pour ce faire la vision historique incorpore et met en rapport simultanément des évidences de tout type, et elle est en elle-même plurielle et intégratrice.

Le bâtiment en tant que document

Le construit représente le résultat de l'action même que l'on doit analyser et, par conséquent, l'évidence tangible la plus importante et décisive. Chaque maison contient dans ses propres structures et dans son ornementation le registre des actions qui l'ont configurée ; le bâtiment représente en effet la séquence des faits qui en sont à l'origine, et il se transforme lui-même en l'un des documents les plus précieux pour découvrir sa propre évolution. En tant que preuve documentaire d'un processus historique et constructif, tous les éléments qui configurent un bâtiment, qu'ils soient structuraux ou décoratifs, équivalent à des formes ayant un sens intrinsèque : typologie et parements, systèmes de planchers, etc. Les textures, de même que les matériaux, révèlent non seulement *comment* est faite la maison mais aussi *quand* elle a été faite, car certaines des techniques utilisées, parfois millénaires, ont malgré tout évolué et elles se sont petit à petit modifiées. Les caractéristiques du mortier, la stéréotomie de la pierre, la structure, le type ainsi que les dimensions de l'adobe, les caractéristiques formelles de la décoration appliquée dans le revêtement constituent autant d'éléments fondamentaux pour la connaissance du bâtiment. C'est pour cette raison que le bâtiment a un caractère documentaire, parce que le document est tout ce qui met en évidence le passé. Détruire un bâtiment, c'est donc comme détruire un manuscrit unique, et cela entraîne en même temps oubli et ignorance.



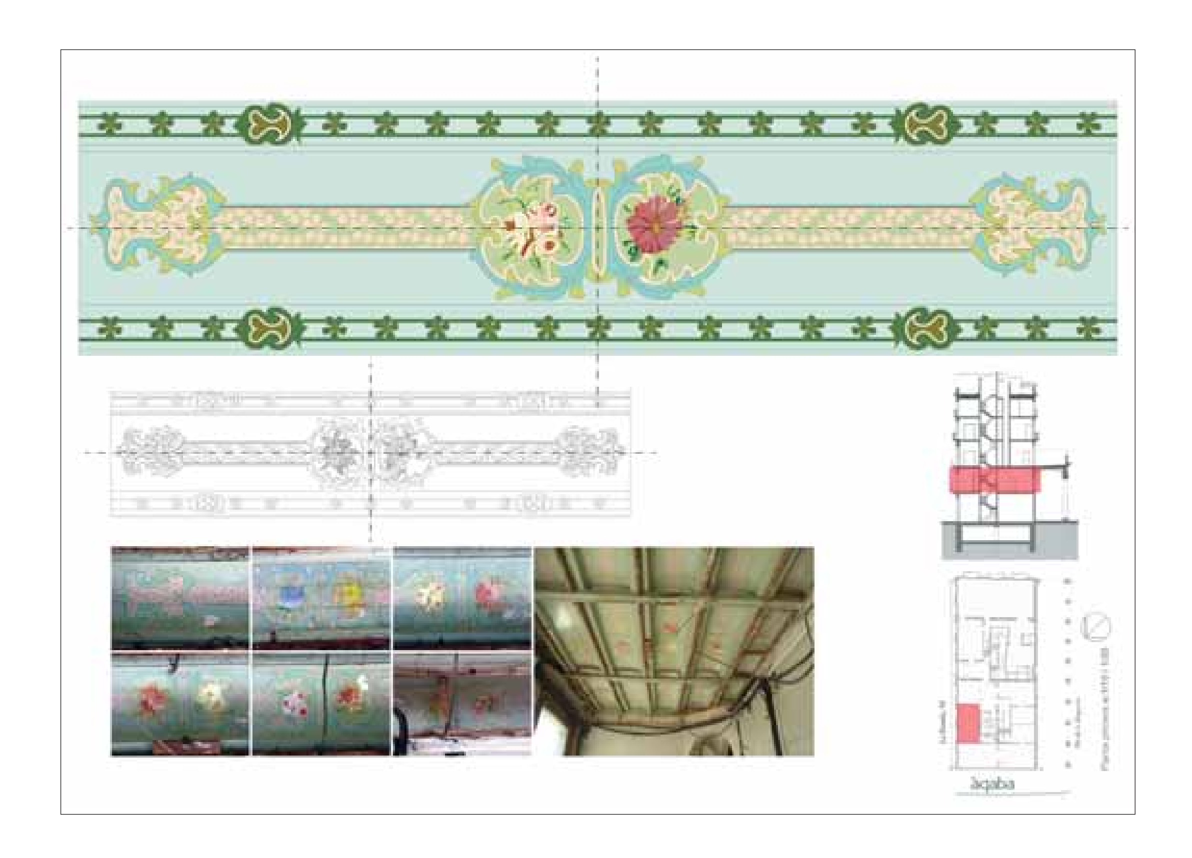
Connaître l'endo-contexte facilite la compréhension du bâtiment dans sa totalité. En outre, cela aide à comprendre pourquoi deux bâtiments réalisés à la même époque et dans la même rue peuvent être différents.

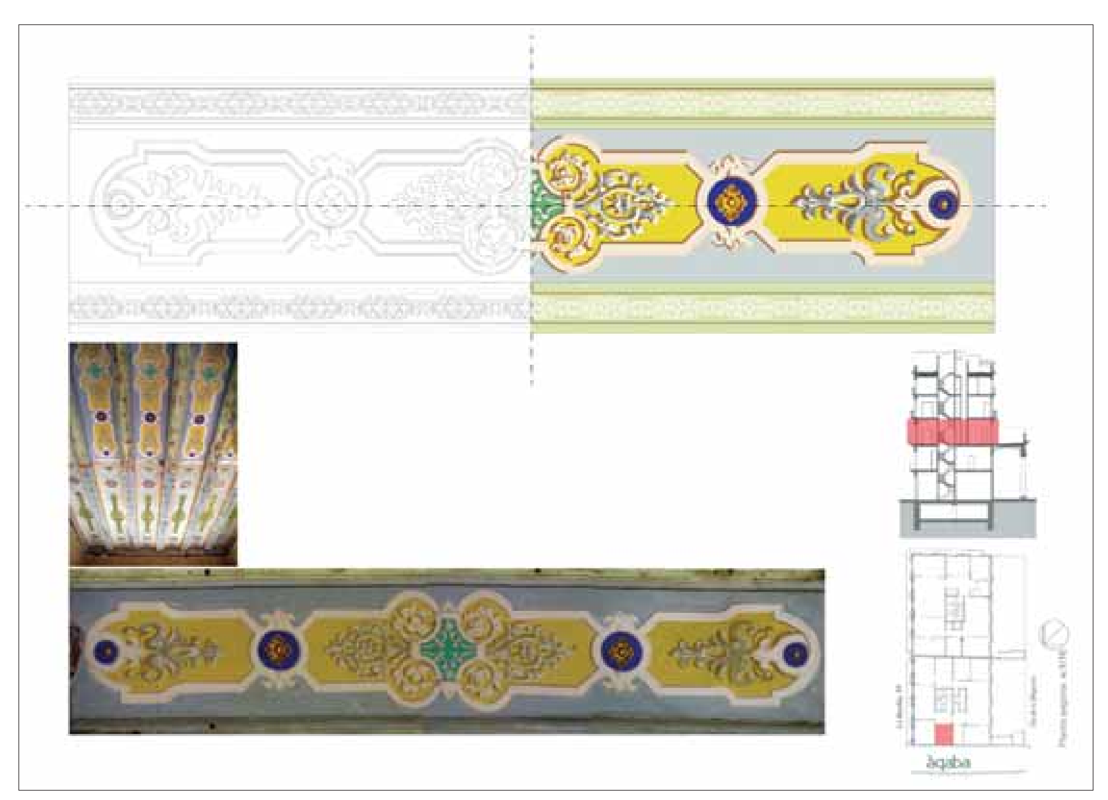


Le bâtiment est un document en lui-même ; il doit donc être analysé en tant que tel.

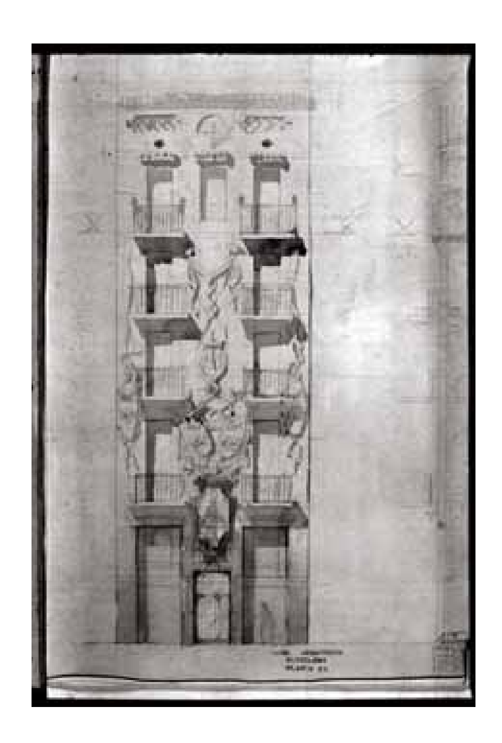


Tous les éléments d'un bâtiment, y compris son ornementation, ont une signification intrinsèque et doivent être étudiés avec attention.





Un même bâtiment peut contenir des décorations de différentes époques et celles-ci doivent être étudiées et évaluées de la même manière.



La documentation graphique est une source importante d'information. *Fons Jujol. AHCOAC.*

Le bâtiment en tant qu'action : les sources documentaires

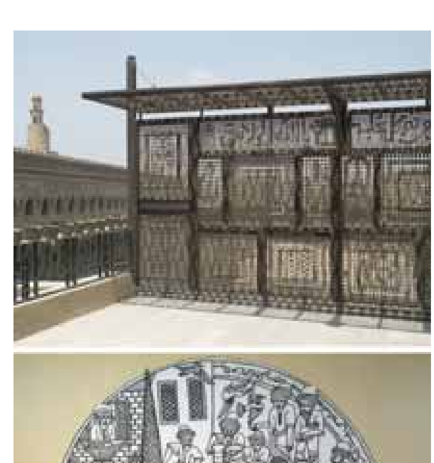
Les actions des agents ne se produisent jamais de manière isolée, et elles impliquent toujours l'interaction avec d'autres agents dans le contexte dans lequel elles interviennent. Et ceci suppose que ces actions aient pu être mises en évidence dans un autre type de documents graphiques ou écrits : ce que l'on appelle toujours, au sens classique, les sources documentaires pour la connaissance historique.

La typologie des documents utiles de ce point de vue peut être très vaste et très variable en fonction du lieu géographique, du moment chronologique et de l'environnement culturel. Toutefois, sans le moindre doute, il s'agit là d'une bonne base de connaissance directe ou indirecte pour comprendre les actions, pour identifier les agents, ou pour déterminer l'une des variables qui peuvent avoir eu une incidence sur l'endo-contexte ou sur le méta-contexte.

Les sources graphiques, qu'il s'agisse de planimétries, de relevés, de photographies, de dessins, etc., réalisées à des moments différents de la vie du bâtiment, permettront d'interpréter avec



Les documents générés par les actions des agents ont toujours été considérés comme une source documentaire classique pour la connaissance historique.





De manière exceptionnelle, certaines pièces artistiques réalisées pour commémorer la construction d'une maison nous apportent une précieuse information. Transcription : « En 1631, Al-Haj Muhammad, fils du défunt Haj Jalim, fils du défunt Al-Haj Tamoun, a construit cette maison. Elle est située à côté même de la mosquée d'Ibn Toloum. La maison a été finalement transmise à une femme originaire de l'île de Crète, et par conséquent cette maison s'appellera Bayt al-Kritiliyya ». (Traduction de Fadwa Doussi)

une plus grande précision le processus de construction de celui-ci. Les sources écrites constitueront une excellente base pour interpréter de manière plus concise les processus de transformation : les actes d'achat, les actes de propriété (*malkia*), les testaments ou les actes *Habous*, les inventaires *post-mortem* (*trika*), les autorisations administratives, les registres fiscaux, les récits des voyageurs, seront tous indispensables pour décrire les faits aussi bien que l'ensemble de la séquence.

On a parfois souhaité distinguer les sources en fonction de leur validité, en différenciant les preuves structurales de la documentation graphique ou écrite, et en cherchant à accorder la prééminence des unes sur les autres ; c'est-à-dire à octroyer une validité supérieure aux documents graphiques par rapport aux documents écrits. C'est un débat en même temps faux et stérile. En effet, une partie des prémisses est erronée : les structures et les documents sont des preuves d'un fait, différents quant à la méthodologie d'obtention et au contenu comme peuvent l'être une photographie et un protocole notarial, mais ils sont en essence identiques dans leur fonction d'apport d'une information maximum importante pour la détermination de l'évolution constructive d'un bâtiment. Les deux fonctionnent de manière dialectique et réciproque. Les structures orientent la recherche documentaire et la recherche documentaire détermine la datation des structures. Conjointement, elles donnent un sens et un contenu à l'ensemble du bâtiment. La recherche et l'interprétation des documents, de quelque type que ce soit, sont toujours intégratrices.

Le bâtiment en tant que lieu de l'expérience : les sources orales

Dans de nombreuses sociétés traditionnelles de la Méditerranée, la parole est une valeur associée à la tradition, dans laquelle la transmission des connaissances de père en fils, de maître à apprenti, etc., se fait oralement. Les mêmes normes qui régissent certaines communautés sont transmises de génération en génération, sans que ne soit réalisé aucun document écrit. Et c'est aussi dans certaines de ces sociétés que perdurent des rituels en rapport à l'occupation de l'espace et à la construction. Par exemple, les rituels de l'occupation de l'espace au travers du sacrifice d'animaux sont encore en vigueur de nos jours dans certaines régions.

L'évaluation des sources orales est une tâche qui a été développée traditionnellement par l'ethnographie et qui est indispensable dans les environnements géographiques et culturels dans lesquels, pour différentes raisons, il n'y a pas eu de tradition de génération d'une documentation de type textuel. Les sources orales, dans tous les cas, ont un degré élevé de subjectivité. Elles doivent par conséquent être soumises à un rigoureux travail de contraste et d'analyse critique pour s'assurer de leur validité ; travail qui n'est pas différent, en essence, de celui auquel sont soumises d'autres preuves documentaires. Tout historien sait que les sources n'ont pas d'autre hiérarchie que leur disponibilité, leur significativité et leur éloquence pour tout fait historique. Parallèlement, il sait aussi que le sens critique et autocritique est toujours nécessaire, pour tous les types de source, pour pouvoir interpréter un contenu précis.



La parole est une valeur associée à la tradition et elle permet non seulement de transmettre des connaissances d'une génération à une autre mais aussi de réaliser des actions sans l'intermédiaire d'une documentation écrite. Ainsi, les ventes de maisons, les contrats de travaux, etc. sont effectués oralement.



Les rituels existent aussi bien dans l'occupation de l'espace que dans la préservation de celui-ci, et l'on utilise toutes sortes d'amulettes pour éloigner les mauvais esprits.

Synthèse

La nouveauté de cette approche de l'architecture traditionnelle méditerranéenne fait que, de manière générale, les outils nécessaires manquent pour une interprétation historique correcte. Des travaux de systématisation typologique des techniques constructives utilisées en chaque lieu et à chaque époque sont indispensables, de même que l'utilisation de techniques d'archéologie du sous-sol et d'archéologie verticale dans l'analyse des structures et des parements, de catalogage et d'inventaire des fonds documentaires graphiques et textuels les plus importants, d'études ethnographiques relatives à la perception et à la mémoire des bâtiments ainsi qu'à leurs travaux de construction, en plus évidemment de la généralisation de ce type de lecture historique dans les bâtiments existants. Et tout cela devrait être fait avant le projet de réhabilitation. Il est aussi nécessaire d'établir et de disposer de schémas généraux qui faciliteront la concrétisation des techniques constructives et des contextes historiques et culturels.
En synthèse, l'étude historique donne le contenu et la valeur qui sont nécessaires à chaque bâtiment à partir de l'analyse des faits et des contextes, regroupés dans une séquence, qui expliquent par eux-mêmes ses spécificités évolutives et sa configuration constructive. Il ne s'agit ni de récit ni de nostalgie parce que l'architecture historique ou traditionnelle n'est pas comprise comme un fossile, mais comme faisant partie des structures et des paysages présents. Elle ne verse pas dans le passé, de manière intrinsèque, parce que c'est là que se trouve son milieu et non sa fin, et elle permet ainsi d'analyser une partie de la réalité dans une perspective chronologique qui inclut le croisement des agents, des facteurs, ainsi que des contextes spécifiques et toujours complexes. En essence, elle ne prétend pas expliquer à quoi ressemblait auparavant une maison, mais expliquer, à l'aide de la connaissance du passé, pourquoi elle est ainsi précisément et pas autrement. L'analyse d'un bâtiment implique la connaissance de ses structures et de leur aspect dans la perspective d'une description architectonique, mais aussi du moment, de la manière et de la raison pour lesquels elles sont comme cela. Celle-ci apporte donc des connaissances de la structure et de son évolution, et elle doit ainsi constituer un outil profitable pour les interventions postérieures de réhabilitation.

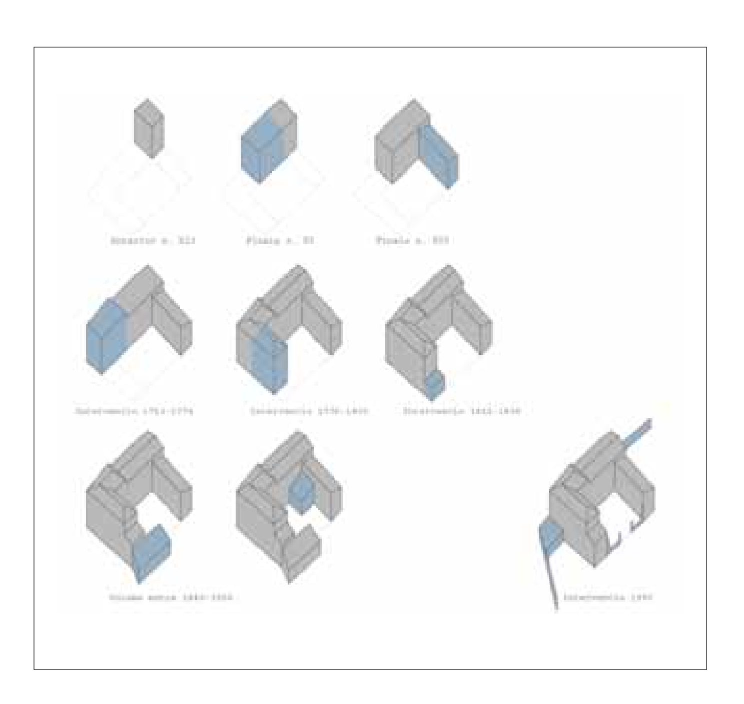
---

[11] Il est intéressant à cet égard de consulter le prologue écrit par Paule Charles-Dominique dans l'édition Voyageurs arabes. Ibn Fadlân, Ibn Jubayr, Ibn Battûta et un auteur anonyme, Paris, Gallimard, 1985.

[2] Laissus, Yves (directeur éd.), Les savants en Égypte, Muséum national d'Histoire naturelle, Nathan, Paris, 1998.

[3] On remarquera ainsi son œuvre importante, Las Cartas del viaje de Asturias ou Cartas a Ponz (1782-1792), dans laquelle il explique avec une précision absolue la situation sociale et économique de cette zone.

[4] Les loix des bâtimens suivant la coutume de Paris : traitant de ce qui concerne les servitudes réelles, les rapports des jurés experts, les réparations locatives, douairières, usufruitières, bénéficiales, ouvrage manuscrit datant de 1787, Bibliothèque nationale de France.





Connaître l'évolution des bâtiments tout au long de leur histoire est décisif avant de réaliser un projet de réhabilitation. L'architecture traditionnelle a maintenu pendant des siècles un processus de croissance progressive, avec des interventions successives. Les connaître et les évaluer permettra d'intervenir avec respect et en connaissance de cause. La tour du Fang : croissance et transformations tout au long de sept siècles. Les photographies : 1. (1890) ; 2. (1920) ; 3 et 4 (2006).

L'archéologie en tant qu'outil pour la connaissance du bâtiment

Evi FIOURI
Archéologue
Département des Antiquités, Chypre

Avant de rédiger le projet de réhabilitation d'un bâtiment, il faut bien connaître le bâtiment en question, c'est-à-dire connaître son histoire et ses éléments afin d'être en position d'en avoir une image complète : ses phases successives, son évolution dans le temps, les changements qu'il a subi et leurs causes. Seule cette connaissance permet de décider comment procéder dans sa réhabilitation, quels éléments garder, récupérer ou mettre en évidence ou lesquels démolir.

De cette façon on peut partager avec les autres l'histoire parfois passionnante cachée dans les murs et le sous-sol du bâtiment. Pour faire « parler » le bâtiment il faut d'abord bien le connaître. Il y a plusieurs moyens pour arriver à ce résultat et ils sont tous basés sur la recherche. Cette recherche a recours à d'autres disciplines que celles de l'architecte: L'histoire et l'archéologie.

L'archéologie est une science qui détecte, examine et analyse l'évidence matérielle. Enlever la terre pour arriver jusqu'aux vestiges humains, étudier et documenter leurs phases successives, lire a travers les traces des humains et de leurs œuvres souvent interposées et mélangées l'histoire de l'humanité est la tache de l'archéologue. Son rôle révélateur l'oblige a procéder par deux étapes successives: l'inspection de la surface et la recherche en profondeur. Il a aussi recours à d'autres sciences exactes : la chimie, l'anthropologie ou encore la botanique. La méthode archéologique suit la méthode des sciences exactes. Elle est donc basée sur l'observation minutieuse de l'objet et son analyse pour en déterminer son état d'origine.

C'est pour cette raison que l'archéologie peut s'appliquer aussi dans la réhabilitation du bâti, puisque dans ce cas aussi il faut d'abord observer et analyser pour arriver à la connaissance. Comme les sites archéologiques, un bâtiment est un témoin muet de lui-même, qui garde bien des secrets dissimulés dans ses murs: ses éléments constructifs, ses matériaux et même son sous sol. Ils sont tous témoins de son histoire. Il faut donc bien examiner un à un ces éléments, et si nécessaire en déposer certains pour en atteindre d'autres cachés derrière. Si l'archéologie au sens classique du terme procède en profondeur, l'archéologie au sens de la lecture d'un bâtiment procède d'une façon plutôt verticale. En fait, l'application de la méthode archéologique pour connaître le bâtiment est relativement facile; il suffit de procéder par étapes qui peuvent devancer ou suivre le relevé graphique et peuvent même continuer pendant les premières étapes des travaux. Dans ce cas il faut compléter la documentation graphique et ne pas hésiter à modifier le programme initial si les éléments jusqu'alors inconnus et révélés pendant la recherche archéologique l'imposent.



Les restes d'un couvent médiéval relevés par des fouilles récentes côtoient un bâtiment du début du 20e siècle dans la ville de Nicosie

I L'inspection du terrain - le nettoyage. Dans un premier lieu, il faut visiter le bâtiment, à l'intérieur et à l'extérieur, et distinguer les éléments qu'il faut évacuer tout de suite afin d'avoir une vision plus claire du bâtiment : les détritus, la végétation sauvage, la terre ramassée ou jetée sur les sols, dans la cour et le jardin. On ne peut pas procéder à une inspection minutieuse d'un bâtiment aux sols rendus invisibles par la terre et aux murs a moitié cachés par les végétaux.

II L'observation des maçonneries. Le mur comme un document : Le mur est souvent un palimpseste où on peut lire l'histoire du bâtiment et son évolution à travers le temps. Pour ce faire il faut examiner attentivement plusieurs éléments : les matériaux, les techniques de construction, les jointures des murs et tous les éléments constructifs présents, visibles ou cachés (fenêtres, portes, décorations...).

L'observation des matériaux de construction : Sur le même mur, il peut avoir des matériaux différents qui correspondent à des phases différentes. Un examen attentif peut nous informer si ces matériaux ont été utilisés pour des réparations, pour agrandir un espace ou le diviser en des plus petites pièces. Connaître les matériaux les plus utilises pendant une période donnée aide à dater aussi les phases. Ces modifications sont visibles sur une maçonnerie nue, mais les intérieurs sont le plus souvent couverts par des enduits qui dissimulent les témoins des différentes étapes. Généralement à Chypre les enduits sont endommagés par l'humidité et il faut les remplacer. Alors, pendant les travaux pour

3

les enlever, on a l'occasion de voir sur la maçonnerie toutes sortes de modifications faites au long du temps, comme des ouvertures bouchées, ou de proportions diminuées. Dans le cas des enduits en bon état il n'est pas recommandé de les enlever. Une observation attentive peut détecter sur l'enduit les contours des arches et des ouvertures bouchées et il suffit de procéder a l'enlèvement de l'enduit à cet endroit seulement afin de révéler l'ouverture et de la rétablir. Pour des cas importants et délicats, on peut avoir recours à des techniques comme la thermographie, l'endoscopie ou d'autres essais non destructifs.

Il est difficile de dater la maçonnerie par elle même, puisque les maçons à Chypre ont utilisé plus ou moins les mêmes techniques de construction pendant des siècles. C'est pourquoi il faut examiner aussi le mortier avec lequel les maçonneries sont construites. Les composants du mortier peuvent aider à la datation approximative de la maçonnerie. Si on n'arrive pas à identifier le mortier par des moyens organoleptiques, on peut le faire analyser dans un laboratoire. Toute cette information doit être documentée pour compléter le relevé et obtenir une image plus claire des phases d'évolution et des modifications qui leur sont liées.

L'observation des techniques de construction : Il arrive que les murs du même matériaux, par exemple de pierre, n'offrent pas a l'œil un aspect homogène. Cette irrégularité est due à des techniques de construction différentes. On peut donc voir sur un mur une partie différentiée de l'autre qui montre une phase postérieure, comme par exemple une surélévation du mur afin de poser un toit en pente là ou il y avait un toit plat. Certaines techniques de construction peuvent être datées d'une période précise et cela aide beaucoup a la compréhension des phases du bâtiment. Il faut tenir compte que souvent des murs des niveaux inférieurs peuvent être plus récents que d'autres plus hauts à cause des transformations faites n'importe où dans le bâtiment, ainsi pour les murs il n'y a pas une stratigraphie verticale.

L'observation des enduits : Tous les enduits dans un bâtiment n'appartiennent pas forcement à la même période. En plus, les enduits et la technique de leur application peuvent varier selon l'usage des pièces, un fait qu'il faut toujours prendre en considération.

Connaître la période où tel ou tel enduit a été introduit dans le pays aide à dater aussi le bâtiment ou ses phases historiques. A Chypre il y a quatre types d'enduits utilisés pour les habitations facilement identifiables : l'enduit de terre, l'enduit de terre mélange avec de la paille hachée, l'enduit de chaux et l'enduit de plâtre, qui est le plus récent. Il y a aussi le badigeon à la chaux, soit seul soit mélangé avec une substance colorante, comme l'indigo. On peut détecter sur les murs des maisons rurales des couches successives d'enduits; ils peuvent être les mêmes ou différents, comme par exemple un enduit de terre et de paille sous un enduit de plâtre, un matériau considéré comme noble et rarement utilisé dans la campagne avant le début du 20e siècle.

L'observation des enduits ne doit pas seulement se limiter à leurs matériaux constitutifs mais aussi a la fréquence de leur application sur les murs. Un enduit en apparence uniforme peut être constitue en effet de plusieurs couches successives, comme le badigeon à la chaux que les habitants appliquaient sur les murs chaque année avant Pâques.

La technique d'application des enduits doit aussi être prise en considération. Dans les maisons d'architecture urbaine, l'enduit de plâtre est appliqué à l'aide des « conducteurs » afin d'obtenir des surfaces tout à fait égales tandis que dans les maisons rurales l'enduit est applique librement, et suit les irrégularités du mur.



La recherche dans les sols d'une grande demeure citadine du 18e siècle a Nicosie ont relève deux sols superposes appartenant a des périodes différents (18e et 19e siècle)



Sur le mur d'un manoir médiéval près de Nicosie on reconnaît la maçonnerie originale en pierre taillée rougie par l'incendie du 15e siècle notée par les chroniqueurs de l'époque et la maçonnerie en moellons brutes et briques de terre crue de la période ottomane

L'architecte doit se rendre compte de cette différence des enduits et les appliquer là ou il faut.
Détection des enduits : Parfois les murs donnent l'impression de n'avoir jamais été enduits. Et pourtant, ce n'est pas toujours le cas; un examen attentif de la maçonnerie révèle des traces des enduits dans un coin, à la partie supérieure du mur, plus protégé par la saillie de la toiture, ou accroché encore dans l'espace entre les pierres. Parfois il suffit d'observer la technique de la construction du mur pour déduire qu'il a été enduit à l'origine : une maçonnerie de pierre construite dans l'intention d'être ensuite couverte d'enduit (de plâtre, par exemple), n'est pas très soignée puisqu'elle ne sera pas visible et plutôt irrégulière, afin de permettre une meilleure accroche de l'enduit. Par ailleurs, il faut observer le style général du bâtiment et les autres éléments architecturaux (encadrement des ouvertures des pierres taillées ou sculptées, encadrements de bois en saillie) pour comprendre si les murs à présent nus ont été toujours ainsi ou si leur revêtement a été détruit ou enlevé dans une phase postérieure. Le cas de Lefkara, village où les éléments de l'architecture urbaine ont été introduits par les gens enrichis par le commerce de la broderie, est assez caractéristique. La vogue de la pierre apparente a abouti à un enlèvement général des enduits des maisons que jusqu'alors se distinguaient par les façades couvertes de plâtre et peintes, signe de richesse au début du siècle.
L'examen des jonctions des murs : A Chypre la plupart des maisons d'architecture traditionnelle sont des constructions agrandies suivant l'élargissement de la famille et de ses besoins et occupations ainsi que de ses possibilités économiques. La cellule originale est très souvent le « makrinari » ou un « dichoro », unique pièce plus ou moins large, sur laquelle on ajoute au fur et à mesure les autres pièces, d'abord au rez-de-chaussée et ensuite à l'étage. Ce procédé est lisible aux points de rencontre des murs, qui montrent le mur original contre lequel un autre a été bâti plus tard. Dans ce cas les coins des murs ne sont pas liés entre eux et ceci est visible si les murs ne sont pas enduits. Ce manque justement de liaison provoque souvent la séparation des murs.
III L'investigation des sols. Très souvent les sols que l'on observe en premier lieu dans les bâtiments ne sont pas les premiers ni les uniques sols. La mode de l'époque, l'amélioration de la situation économique des propriétaires, le changement de l'usage des pièces d'une période de la vie du bâtiment à une autre sont des raisons pour des changements des sols. Ainsi, il arrive de devoir enlever le sol le plus récent en béton, en bois ou en carreaux pour arriver au sol pavé de marbre local ou de galets, ou même au simple sol de terre battue qui était celui du temps de la construction initiale du bâtiment. Très souvent ces sols précédents sont détruits. Il faut procéder avec précaution à l'enlèvement des sols plus récents afin de ne pas détruire les traces parfois à peine perceptibles des couches antérieures. Il arrive que d'un vieux sol il ne reste que quelques fragments de marbre et de leur support de plâtre. Pour un architecte qui connaît la technique de pose de ce type de pavement, ces maigres vestiges sont suffisants pour comprendre le type du sol original et le réhabiliter.
Chaque couche correspond à une phase de l'évolution du bâtiment; il faut les documenter (relevé graphique) et réfléchir quel niveau il faut garder et si possible montrer les couches antérieures d'une façon évocatrice. On ne peut pas utiliser tous les niveaux, mais on ne doit pas les détruire. On doit préserver les niveaux plus anciens après les avoir dûment documentés. De cette façon on a un relevé complet qui 'raconte' en image graphique l'histoire du bâtiment



Dans une maison rurale, les murs portent des couches successives de badigeon à la chaux colorées avec des différents couleurs



L'ouverture arquée de ce moulin a eau dans la région montagneuse de Troodos a été construite avec des pierres taillées portant un décor sculpte soigné, qui appartenaient à un bâtiment bien plus important, probablement l'entrée d'une église

3

Dans des sites ayant une longue histoire d'habitation humaine, il est même utile de faire des coupes d'investigation afin de détecter des sols plus anciens que la construction actuelle, et faire une documentation graphique et photographique.

De même, dans les cours il faut songer à chercher le pavé, le puits, le système de drainage par le moyen d'un nettoyage fait avec précaution, une espèce de mini fouilles après une inspection préalable

L'investigation des seuils et des fondations: Souvent le niveau du sol original n'est pas visible. La recherche alors commence par un terrassement pour arriver au seuil, point d'aboutissement du sol intérieur. On peut aussi faire des tranchées le long des murs afin d'examiner leurs fondations, qui parfois se révèlent être des murs de constructions plus anciennes.

Les fouilles : La plupart des fouilles dans les sous sols des bâtiments d'architecture traditionnelle sont le résultat de trouvailles fortuites des vestiges archéologiques, faites pendant des excavations pour l'installation des tuyaux d'évacuation ou pour le renforcement des fondations. Dans des sites où la présence humaine date de millénaires, ces trouvailles sont assez fréquentes. Il y a des maisons où des tombes anciennes ont été découvertes dans les sous sol, ou dans des restes de murs datant d'époques bien antérieures. Lefkosia, la capitale de Chypre est un exemple assez caractéristique. Habitée depuis des millénaires, la ville actuelle repose sur des couches successives d'habitation allant jusqu'à l'époque Chalcolithique. Et surtout Lefkosia *intra muros*, capitale de Chypre depuis l'époque byzantine, ville opulente au Moyen Âge, cache sous la surface moderne des vestiges innombrables de son passé paléochrétien et médiéval. Le Département des Antiquités a déclaré comme Ancien Monument toute la partie de la ville qui se trouve à l'intérieur des murs vénitiens. Dorénavant, toute opération de construction est contrôlée afin d'arrêter la destruction des vestiges archéologiques. Selon la nouvelle loi, il faut un permis spécial par le Département des Antiquités pour toute opération de construction nouvelle ou pour des travaux dans des bâtiments existants qui nécessitent des excavations. Dans le cas de nouvelles constructions, le Département procède à des fouilles partielles dans le terrain ou alors est présent lors des opérations de fondation et les arrête si des vestiges archéologiques sont découverts. De cette façon, des vestiges importants ont été découverts dans plusieurs endroits et des fouilles systématiques ont été entreprises. Les vestiges archéologiques importants sont conservés. Le développement est sûrement un peu ralenti, mais maintenant Nicosie, comme on appelait la capitale depuis la période franque, a commencé à mieux connaître son passé.





Dans la même maison de Lefkara, la différence des enduits d'une pièce à l'autre suggèrent des phases différentes dans l'histoire du bâtiment : l'enduit de terre de surface inégale et badigeonne a la chaux appartient a une phase datant avant le 20e siècle, tandis que l'enduit de plâtre d'une surface parfaitement égale et lisse peut être aisément date au début du 20e siècle.

L'application de la méthode archéologique à l'architecture libanaise

Yasmine MAKARON BOU ASSAF
Architecte et archéologue
Expert-Conseil auprès de l'ICCROM pour le projet ATHAR, Liban

Liée profondément à ses origines historiques, dans un contexte de mémoire plurimillénaire, l'architecture traditionnelle au Liban se caractérise par sa grande intégration au territoire et son adaptation aux ressources locales. Typiquement méditerranéenne dans ses matériaux, ses formes et ses couleurs, l'habitat vernaculaire libanais agrémente des paysages aussi divers tels le littoral, les piémonts des chaînes montagneuses ou encore les hautes plaines intérieures. Rurales ou urbaines, ces maisons traditionnelles représentent le creuset de la mémoire collective et stigmatisent des ancrages nostalgiques et identitaires.
Malmenée, détruite, souvent abandonnée, la maison traditionnelle a survécue tant bien que mal aux vicissitudes du temps et aux changements de mode d'habiter. Quand elle n'est pas complètement transformée ou récupérée, elle fait l'objet de maintes interventions dans lesquelles la connaissance approfondie du bâti fait souvent défaut.
Des projets récents de réhabilitation au Liban commencent toutefois à mettre en application une méthode similaire à celle en usage dans l'archéologie du bâti. Cette discipline, relativement récente, dans les sciences de l'archéologie, est appliquée en général, aux monuments historiques classés dans le but de développer une lecture en élévation des indices chronologiques, éléments fondamentaux à une analyse stratigraphique. Le bâtiment étudié, est ainsi analysé comme un élément à part entière de la culture matérielle.
L'architecture traditionnelle appartient essentiellement au départ à un monde préindustriel. Son évolution avec la société et les nombreuses modifications qu'elle va subir pour s'adapter aux besoins et aux nouveaux moyens de chaque époque, en font un excellent support, porteur des traces de ces transformations.
Cette analyse a pour but la mise en place notamment d'une chronologie relative de l'objet architectural et de son vécu dans un contexte historique. Un souci de typologie comparative vient compléter cette approche tout comme les recherches potentielles sur les techniques de mise en œuvre dans le bâti. Cette *lecture méthodologique* du bâti contribue à l'amélioration du projet de réhabilitation.
L'approche dite archéologique va se baser essentiellement sur une collecte de données qui serviront de support pour développer des analyses sur les thèmes suivants :

- l'évolution du bâti à travers les sources documentaires
- l'évolution du bâti à travers sa lecture physique avec notamment l'analyse stratigraphique.



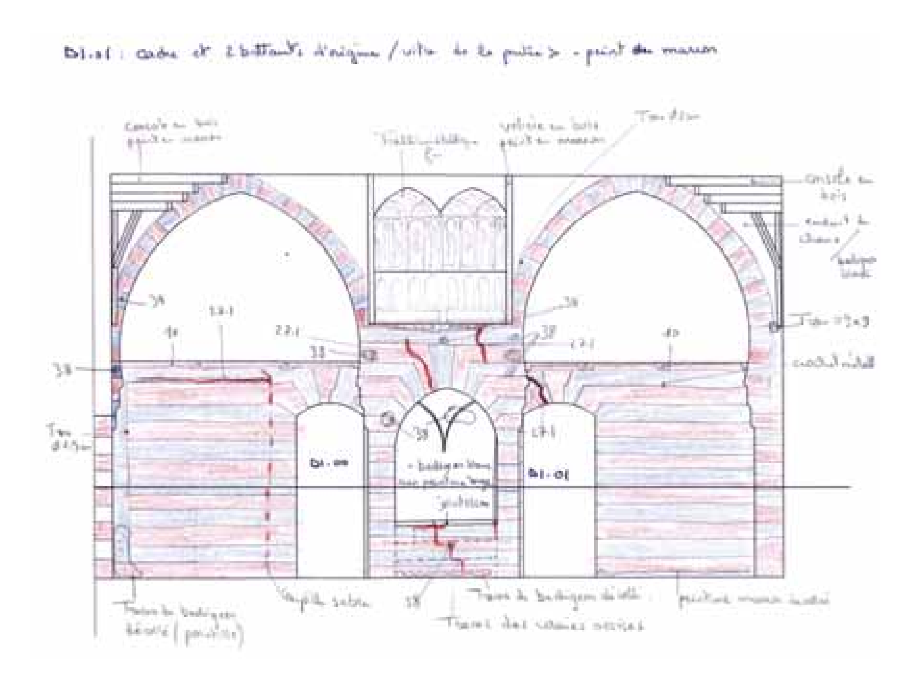
Relevé visuel préliminaire (maison Debbané, Salhiyeh)

Par définition la démarche stratigraphique renvoie à l'étude des couches chronologiques, collées de bas en haut, selon les lois de la pesanteur. Cette méthode ne se limite pas au seul aspect diachronique de la succession des couches mais cherche avant tout à intégrer l'aspect ethnographique de l'occupation. A la différence d'une fouille archéologique, les séquences se lisent surtout en élévation par phase constructive ou d'intervention et non par accumulation de strates.
L'étude historique empruntera divers registres pour interpréter ces transformations et restituer la ou les configurations des différentes étapes de la vie de ce bâtiment :

- la morphologie du bâti
- la typologie architecturale
- les matériaux de construction
- les structures mises en oeuvre
- les revêtements appliqués



Echantillon de matériaux constructifs (palais Debbané, Saida)



Cartographie des désordres (palais Debbané, Saida)

Les informations fondamentales à l'élaboration de ces analyses seront obtenues à l'aide de moyens divers :

Une collecte documentaire en relation directe ou indirecte avec l'objet de l'étude : documents administratifs, cadastraux, fonciers, photographiques, articles de presse, publications, correspondance,

-les sources orales qui font appel à la mémoire des occupants

-les sources écrites (documents administratifs, correspondances, publications…)

-les sources iconographiques (dessins, peintures, photos…)

Un relevé préliminaire permet en premier lieu un travail de reconnaissance à l'échelle globale du bâti : basé sur un constat visuel, il est rapidement transcrit sous forme graphique sommaire (croquis) et photographique.

Un relevé détaillé et ciblé permet d'aller plus en profondeur dans la recherche et de cerner les spécificités du bâti : il est en premier lieu graphique et métrique pour la mise en place de tous les supports nécessaires (plans, coupes et élévations). Ce support graphique mis à l'échelle sert à enregistrer toutes les observations visuelles conduites dans tous les recoins, complétées par des photographies. Ces observations doivent toutefois être méthodiques et différencier les thèmes abordés (matériaux, revêtements, pigments, désordres...).

Dans cette approche, surtout en élévation, la lecture et la collecte de données rejoint le plus la méthode stratigraphique. La dimension verticale des phases constructives sera exploitée à partir des coupes et des élévations détaillées.

Des sondages, bien localisés suite à la définition d'une problématique spécifique, permettent de déceler les supports intermédiaires et les connections potentielles, non visibles à l'œil nu. Indispensables à la compréhension du bâti, les sondages sont à utiliser avec beaucoup de discernement à cause de leur approche destructive. Le matériel (constructif ou domestique) récupéré dans ces sondages aide à la compréhension de la problématique soulevée.

Des échantillons servent à conduire des analyses visuelles ou en laboratoire sur les matériaux ou les supports afin de définir leurs composants et leurs proportions. L'analyse des échantillons vient étayer les observations visuelles en leur donnant une information précise et tangible.

Les informations recueillies sur les techniques de constructions mises en œuvre dans le bâti traditionnel, peuvent être mises en comparaison avec d'autres études similaires, dans le cadre d'études pluridisciplinaires.

Cette approche qui est souvent qualifiée de longue et fastidieuse, a le mérite de livrer de manière exhaustive, toutes les informations propres à cette architecture, classée à tort de *primitive*. Appliquée en général exclusivement au bâti monumental et historique, la méthode archéologique permet de relever le niveau du bâti vernaculaire au rang des architectures « dignes d'intérêt ». Les informations ainsi recueillies permettent la mise en place d'une base de données variée, véritable documentation de cette architecture en voie de disparition.

La compréhension intégrale du bâtiment

José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO
Docteur architecte
Professeur au Département des Constructions architecturales I
de l'École technique supérieure d'Architecture de Barcelone
(Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Quelques questions préalables sur la méthode

L'objectif de ce texte est d'aider ceux qui doivent réhabiliter un bâtiment de l'architecture traditionnelle méditerranéenne dans l'indispensable processus de découverte et de compréhension qui devra précéder toute prise de décisions sur la manière d'intervenir. Une manière simple de fixer le concept de découverte consiste à le définir comme étant la capacité de répondre à différents types de questions : qu'est-ce que c'est ?, comment c'est ?, de quoi c'est fait ? Ces questions ont en commun le but de décrire l'objet pour découvrir aussi bien ce qui se voit que, et surtout, ce qui ne se voit pas. Si l'on répond à une bonne partie de ces questions, on peut dire alors que l'on connaît le bâtiment.

Cependant, il est très probable qu'on ne le comprend pas… ou peut-être que si ; au moins, on peut affirmer que la compréhension ne découle pas directement et immédiatement de la connaissance en elle-même. Pour y parvenir, il est indispensable de savoir répondre à une question-clé différente des précédentes : pourquoi ? La raison de tout ce qui précède : pourquoi c'est comme c'est ?, pourquoi c'est fait de ce que c'est fait ?, etc.

Si l'on intervient sur un patrimoine qui est marqué comme étant la conséquence d'une évolution historique intense, l'objectif de la connaissance doit être élargi à d'autres aspects : la manière dont cela s'est passé ou la manière dont cela a évolué pour passer d'un certain état à l'état actuel. Par ailleurs, en ce qui concerne le *pourquoi*, il faudra vérifier la raison pour laquelle c'était à l'origine comme c'était, et pourquoi cela a évolué de telle ou telle manière pour devenir ce que c'est aujourd'hui, etc.

Dans tous les cas, on doit être conscient qu'il s'agit là d'une activité pour laquelle ni les architectes ni les ingénieurs n'ont été formés, et ce pour une raison très simple. Notre formation est technique, c'est-à-dire que nos objectifs sont prioritairement destinés à l'intervention grâce à la conception d'engins, de systèmes, selon un processus dans lequel l'engin est premier dans notre esprit. Ensuite, à l'aide de protocoles de production industrielle ou constructive, nous en faisons une réalité.

Lorsque l'on se place face à un bâtiment, la situation est très différente. On se trouve en effet face à un élément qui existe déjà et qui n'est plus seulement dans notre esprit. Sa connaissance et sa compréhension requièrent nécessairement une méthode différente de celle que l'on applique dans la conception d'un dispositif.

Si, en outre, c'est un bâtiment historique construit avec des moyens et des mentalités que nous ne connaissons pas très bien, la difficulté s'accroît considérablement.

Et bien, dans cette situation, la méthode doit être semblable, en quelque sorte, à celle des disciplines dans lesquelles le principal objectif est de découvrir et de comprendre quelque chose d'externe à nous-mêmes, comme par exemple les disciplines scientifiques qui tentent de comprendre notre environnement. Biologistes, astronomes et géologues ne conçoivent pas leurs objets d'étude sinon qu'ils tentent de les comprendre. C'est ce à quoi nous devons faire face dans le cas d'un bâtiment existant, et la méthode devra être la même, bien qu'adaptée au cas : la méthode scientifique. Il ne faut pas s'inquiéter face à ce terme, la méthode scientifique en effet n'est pas distincte de l'attitude rationnelle de chacun d'entre nous dans la vie courante ou dans d'autres domaines de la connaissance humaine. Les historiens, les détectives et même les plombiers —de fait, tous les êtres humains— utilisent les mêmes moyens de base qu'emploient les physiciens ou les biochimistes lorsqu'ils tentent de résoudre un problème ou de répondre à une question.

Le pourquoi des choses

En réalité, il s'agit seulement de suivre de manière ordonnée les cinq phases de base de la méthode scientifique :

- poser le problème ou la question dont la réponse n'est pas évidente ;
- formuler une hypothèse qui apporte, momentanément, la solution ou la réponse ;
- organiser des preuves ou des observations pour sa vérification ;
- développer des preuves ou des observations ; et
- vérifier l'exactitude de la supposition faite dans l'hypothèse.

Sans le moindre doute, pour être efficaces dans le travail, il est d'une grande importance que, d'entrée, les hypothèses se rapprochent le plus possible de la réalité que l'on tente de découvrir. Et cela dépendra dans une grande mesure de la connaissance préalable que l'on aura sur les possibles réponses aux questions. Il est clair que la méconnaissance que l'on a, en général, de la construction historique rend l'opération considérablement plus difficile.

Ce texte prétend faciliter ce processus d'interrogation et de recherche de réponses, tout particulièrement en rapport avec la construction historique, en apportant un ensemble de « quoi » et de « pourquoi » de base avec un degré très élevé de certitude. Dans chaque cas, il faudra ajouter davantage de questions et rechercher

davantage de réponses au travers de la formulation d'hypothèses explicatives qui, très souvent, ne pourront pas être contrastées.
En général, la raison des choses qui viennent d'une activité technique est la conséquence d'un fait fondamental : l'objet à produire doit avoir une valeur dans l'environnement dans lequel il est produit, et cette valeur, quand il s'agit de bâtiments, est leur utilité ou, de manière plus générale, leur finalité. Une voie pour apporter une réponse à ces questions consiste à rechercher les finalités qui en sont à l'origine ainsi que les moyens qui ont permis de les atteindre. Comme dans de nombreuses autres questions, c'est un problème de fins et de moyens.
Cependant, on peut aussi penser que, si une étude rigoureuse sur n'importe quel type d'objet est difficile, une étude sur quelque chose d'aussi complexe que l'architecture traditionnelle méditerranéenne peut présenter une difficulté *a priori* insurmontable.
Cependant, la vision de l'ensemble de cette énorme diversité —que l'on peut obtenir par la lecture du magnifique ouvrage *Architecture traditionnelle méditerranéenne*— permet de conjecturer qu'il existe des traits communs à tous les cas, ce qui permet de trouver une raison commune bien que, très certainement, cette raison demeure cachée par les traits découlant de cette énorme diversité.
Dans les lignes suivantes, nous tenterons de trouver ce qui est commun à tous les cas ainsi que les variables de la diversité qui s'y superposent.
Pour commencer, on peut affirmer que la finalité essentielle des bâtiments est commune à tous les cas, comme des faits qui se produisent partout, comme quelque chose d'aussi évident que l'action de la force de gravité qui est perpendiculaire au plan du terrain, c'est-à-dire verticale.
En ce qui concerne la diversité, celle-ci provient aussi bien des moyens que des fins, et elle est la conséquence des variations qui ont lieu dans les différents lieux, non seulement du point de vue climatique —important facteur de diversité— mais aussi pour ce qui fait référence aux ressources disponibles et aux cultures qui savent les exploiter, qui changent en outre avec les temps.
Pour aborder tout cela, nous suivrons la méthode que nous avons appliquée dans notre activité d'enseignement à l'École d'Architecture de Barcelone.

Ce qui est commun

Le résultat final de tout bâtiment est toujours la conséquence d'une somme synergique de décisions prises sur divers éléments constructifs qui répondent simultanément à des finalités différentes ; c'est-à-dire que c'est toujours la conséquence d'un processus, dans une plus ou moins grande mesure conscient et réflexif, de synthèse entre divers facteurs. Il s'agit d'un processus qui ne répond pas à un unique modèle d'élaboration et qui est, par conséquent, différent dans chaque cas et dans chaque lieu.
Son étude requiert la décomposition de ces fins et de ces moyens en parties pour pouvoir les étudier isolément dans un processus d'analyse. Le succès de l'opération dépend dans une bonne mesure de ce que cette procédure de décomposition sera la plus représentative possible de ce qui se passe en réalité.

Selon la méthode d'enseignement mentionnée ci-dessus, tout élément d'un bâtiment, dans une plus ou moins grande mesure, est la conséquence de la nécessité des éléments suivants :

- un espace délimité par une forme matérielle construite, stable dès le premier moment ;
- une méthode de production, la plus efficace possible ;
- une durée maximum possible du construit grâce à un entretien adéquat ;
- l'amélioration de l'ambiance naturelle ;
- la satisfaction, par les formes et les matériaux, des désirs de beauté que tout peuple, aussi simple soit-il, peut avoir pour sa condition humaine.

Voyons maintenant chacun des principes séparément.
L'analyse de toute construction permet de vérifier qu'elle tente d'offrir un espace différent de l'espace naturel, dans la majorité des cas, grâce à des éléments verticaux qui supportent d'autres éléments situés par-dessus, en étant inclinés, horizontaux ou arqués.
Or, ces formes allongées verticales, horizontales ou arquées doivent être constructibles, et elles n'existent pas que dans l'imagination du constructeur si elles ont déjà été construites auparavant, c'est-à-dire que ce ne sont pas des formes imaginées sur lesquelles il n'y a aucune expérience.
Pour tout acte de construction, comme chacun d'entre nous le sait parfaitement depuis tout petit, on rencontre une grande difficulté qui n'est rien d'autre que la force de la gravité : si les choses ne sont pas placées correctement elles tombent, de telle manière que cette forme constructible doit être stable par rapport à la force de gravité depuis le premier moment. Cette question essentielle marque l'existence de tous les bâtiments de maçonnerie mais ne les explique pas complètement ; il est donc nécessaire de passer aux variables suivantes.
Derrière tout bâtiment populaire se trouve la rareté des ressources qui oblige à appliquer le génie à l'efficience de la production ; toute solution doit être développée avec le maximum de bénéfices et le minimum d'efforts physiques non seulement de la part du constructeur mais aussi de l'ensemble de la population quant à l'extraction et la provision des matériaux. La presque totalité de l'habitat méditerranéen traditionnel est réalisé avec des matériaux accessibles à proximité du lieu de construction du bâtiment et basé sur des formes constructibles et stables depuis le premier moment.

Cependant le temps passe, il pleut, il fait du vent, il fait chaud, froid, et ce qui avait résolu les problèmes en son temps perd sa forme initiale ou une partie des matériaux, et se dégrade. Pour éviter cela, le constructeur tente de vérifier ce qui a manqué et il développe une nouvelle manière qui sera plus durable et qui pourra, en même temps, déterminer les soins périodiques qu'il requiert. C'est le principe d'intégrité à long terme.

Avec tout cela nous aurons obtenu un espace, bien construit et durable. Or, c'est insuffisant. En effet, cet espace doit en outre permettre de vivre commodément à l'intérieur.

En réalité, l'adéquation de l'ambiance est la raison de base de la construction du logement. Depuis toujours, tous les peuples ont cherché à améliorer les conditions d'ambiance extérieures : éviter de se mouiller à cause de la pluie ou de l'humidité du sol ; n'avoir ni trop chaud ni trop froid ; qu'il n'y ait pas un excès de lumière ; etc. Si l'on suit des méthodes pour parvenir à tout cela, on obtient un espace ayant de bonnes conditions d'ambiance, efficacement produit et qui dure longtemps.

Mais cela n'est pas non plus suffisant. Il faut aussi créer un paysage visible agréable, dont on puisse être fier et qui permette de dire qui l'on est. Les textures, les couleurs, les dessins ainsi que les formes que l'on voit, en plus de résoudre des problèmes pratiques, doivent être en accord avec notre culture visuelle et symbolique. C'est ce que l'on appelle la convenance esthétique. Si l'on a réussi à réunir tout cela, alors on a réussi à faire de l'architecture.

On peut affirmer de manière claire que tout artefact appartenant à l'ensemble défini comme architecture traditionnelle méditerranéenne s'explique pour l'essentiel par ces cinq fins.

Si l'on aborde le cas le plus courant, l'édification installée et fixe —en laissant pour un autre moment l'édification nomade—, on trouve toujours un ensemble d'éléments qui séparent l'espace extérieur de l'espace intérieur, que l'on peut appeler enveloppe. Cette enveloppe est formée par des éléments verticaux, des façades réalisées presque toujours avec des murs, et par des éléments qui ferment la partie supérieure, que l'on nommera éléments horizontaux, bien que leurs profils ne le soient pas strictement : couvertures planes, inclinées et dans de nombreux cas en forme de coupoles.

L'enveloppe est l'élément essentiel qui apporte la solution à presque toutes les nécessités —espace, ambiance et convenance esthétique— et elle est soumise aux plus fortes actions de détérioration. L'étude de la diversité se centrera sur elle.

La diversité

Une fois défini ce qui est commun, il est nécessaire d'établir les critères pour aborder la diversité. Cela n'aurait pas de sens maintenant de faire tout un catalogue de lieux, de climats et de ressources matérielles que l'on trouve dans le bassin méditerranéen. Il s'agit plutôt d'aborder les conséquences de la diversité, qui sont les moyens grâce auxquels ces fins sont remplies et qui répondent aussi à d'autres fins, particularisées cette fois-ci, en fonction du lieu ; c'est-à-dire les éléments avec lesquels le bâtiment a été construit. Pour entamer ce parcours, nous choisirons l'élément le plus représentatif de l'enveloppe, le mur.

Le mur

Le mur répond à diverses raisons pratiques comme le fait d'être stable dès le premier moment, de durer le plus longtemps possible, et d'isoler l'intérieur de l'extérieur. En outre, il faut le comprendre aussi comme un élément fondamental du support esthétique symbolique du bâtiment.

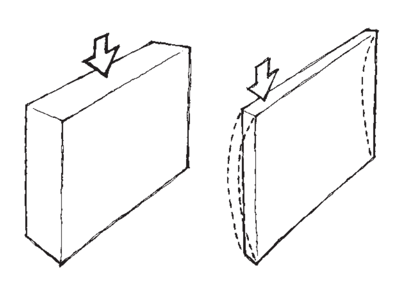
Sa forme est définie par un parallélépipède avec ses dimensions longue (la longueur) et courte (l'épaisseur) perpendiculaires entre elles et parallèles au sol ; la troisième dimension (la hauteur) est située verticalement. Cette forme est la conséquence de ce rôle de conformation de l'espace et, en même temps, comme nous le savons tous depuis que nous sommes petits, que c'est la meilleure manière d'obtenir qu'un élément vertical soit stable face à l'action immédiate qui agit sur lui, c'est-à-dire la force de gravité.

La dimension longue est définie par le plan du bâtiment ; la dimension intermédiaire, ou hauteur, est définie par la hauteur de l'espace que l'on souhaite obtenir ; et la troisième dimension, l'épaisseur, la clé dans le comportement structurel, est conditionnée par l'exigence de stabilité ainsi que par le matériau ou le procédé de construction grâce auquel le mur est réalisé.

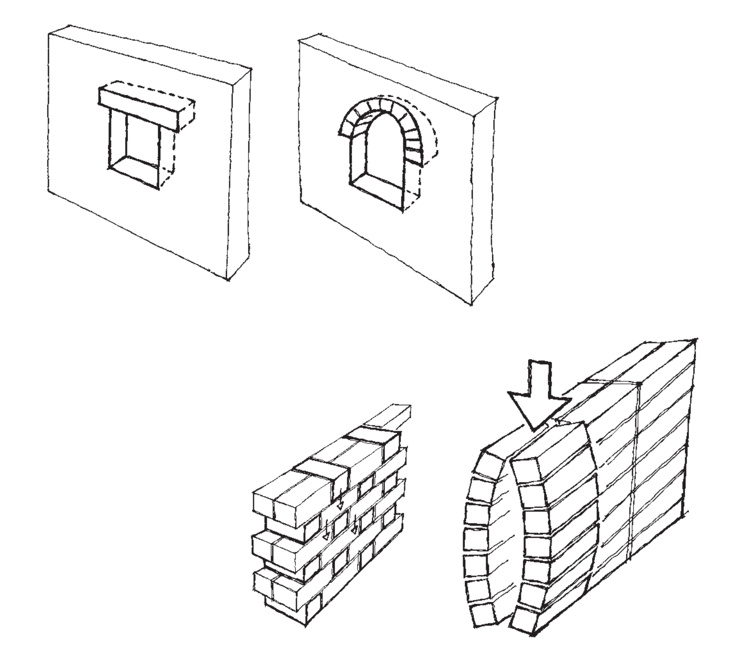
La diversité est la conséquence de la recherche des différentes réponses que peut donner le mur aux finalités proposées précédemment : être stable dès le premier moment pour créer cet espace, s'adapter au lieu du point de vue des ressources matérielles et des techniques disponibles. Enfin, il peut être fait de pisé, de brique, de pierre, etc.

Un fait commun à tous les murs est qu'ils résultent des moyens disponibles à proximité du lieu en ce qui concerne les matériaux et des moyens efficients en ce qui concerne les techniques d'exécution.

Mais le mur n'aurait pas de sens si, en même temps qu'il sépare de l'extérieur, il empêchait de communiquer avec lui au moyen de



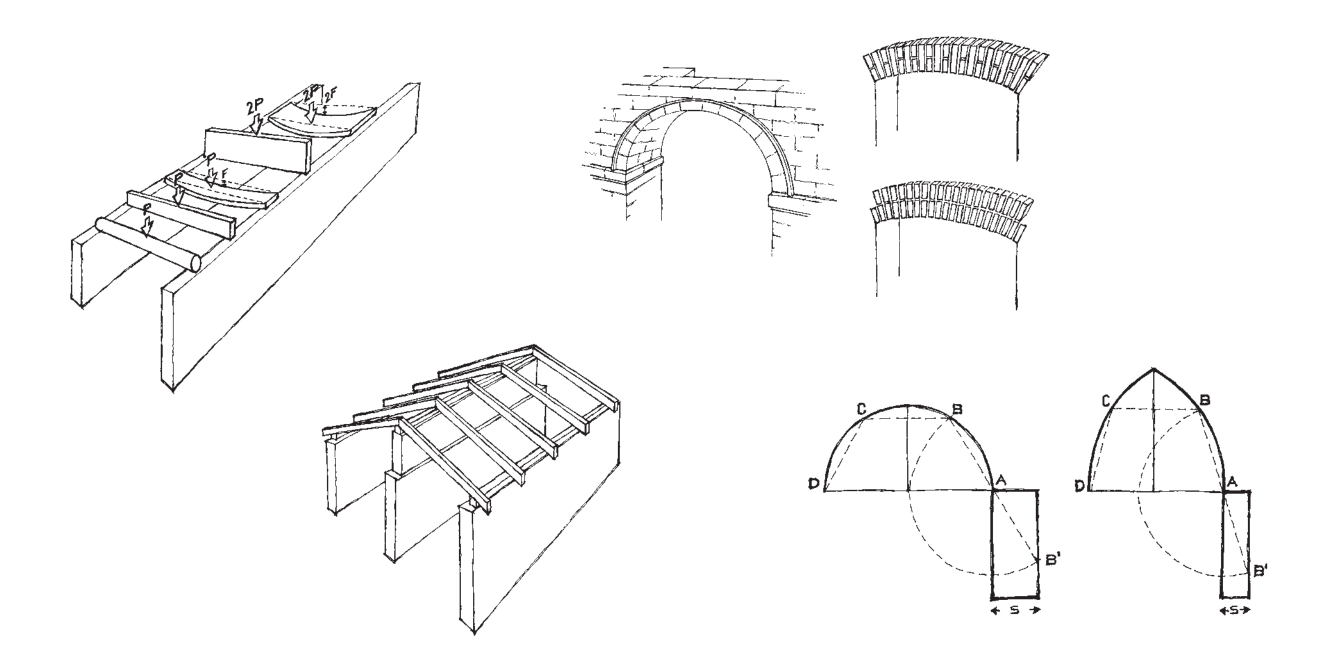
3



quelque chose d'aussi évident que les ouvertures. Celles-ci permettent d'entrer et de sortir, de voir vers l'extérieur et vers l'intérieur, ainsi que de renouveler l'air que l'on respire. Par ailleurs, cela n'a pas de sens de parler de murs sans ouvertures ni de considérer que les ouvertures sont un affaiblissement du mur : il n'existe pas de murs sans ouvertures, les trous sont le mur et le mur, c'est les trous.
La question-clé de l'ouverture est l'élément supérieur qui permet de transférer sur les deux parties latérales du trou, ou jambages, les charges de la partie du mur située au-dessus. Habituellement, c'est un linteau, généralement fait de bois, ou un arc surbaissé fabriqué dans le matériau avec lequel a été réalisé le reste du mur. Il ne faut pas non plus oublier d'autres éléments verticaux, ceux qui délimitent les porches, ou espaces semi-extérieurs : les piliers ou pieds-droits, dont les dimensions dépendent des éléments horizontaux avec lesquels les porches sont réalisés, ou bien rectilignes ou bien arqués.
En même temps, tout l'ensemble, le mur aveugle et les ouvertures, doit être durable. Évidemment, la réponse est très différente s'il existe dans le lieu des pierres que l'on peut tailler et qui demeureront apparentes ou si l'on ne dispose sur place que de terre pour faire le pisé. L'un des facteurs de dégradation les plus présents est l'eau provenant du ciel ou de la terre par capillarité.
Si c'est un matériau homogène tel que le pisé, toute l'épaisseur est du même matériau. Si, au contraire, il est construit avec de petits éléments, briques, pierres non taillées, en fonction de la relation entre la taille de celles-ci et l'épaisseur totale il faudra deux ou trois couches, ou feuillets. Dans les deux cas, il est indispensable que l'ensemble de ces deux ou trois feuillets soit parfaitement cohérent. En effet, si chacun d'entre eux peut agir indépendamment des autres cela risque de créer un danger important de torsion ou de flexion partielle.
Si le matériau est vulnérable, il faudra le protéger avec une superficie extérieure qui limitera sa dégradation due aux intempéries. Et cette même superficie devra répondre aussi au désir de beauté et d'identité.
Par ailleurs, il ne faut pas oublier non plus que ce mur est là depuis très longtemps, depuis sa première construction ; le mur, et tout élément du bâtiment, constitue sans le moindre doute un document d'une extraordinaire valeur pour découvrir son histoire. Les changements, les ajouts, les dégradations, les réparations, le tout constitue un document qui peut permettre de saisir ce facteur-clé de la compréhension qu'est l'histoire propre.
Maintenant, les éléments dans lesquels nous rencontrons la plus grande diversité sont ceux qui subdivisent l'espace dans le sens horizontal.

Les éléments horizontaux

La plus grande difficulté de la réalisation du bâtiment se présente au moment de construire les éléments qui subdivisent l'espace dans le sens horizontal ou qui le ferment dans la partie supérieure. Si le mur vertical joue en faveur de la force de gravité, les éléments horizontaux, par définition, défient cette même gravité. Un mur tombera rarement —sauf à cause d'une action sismique— mais un élément horizontal mal appuyé tombera immanquablement, ou bien, s'il est excessivement sollicité, il se rompra à la flexion, ce qui ne se produit pas facilement avec les murs.
Cette difficulté, étant donné la diversité des histoires, des environnements et des techniques, a donné lieu à un très riche catalogue de solutions basées sur deux éléments-clés, les éléments ligneux. Par leur origine génétique, les éléments ligneux sont résistants à la flexion, et la grande invention du constructeur humain quand l'élément ligneux vient à manquer, c'est l'arc, la voûte et la coupole.
Et parmi tous ces éléments, celui qui a un rôle spécial dans l'image extérieure du bâtiment est celui qui la ferme par au-dessus, la couverture, qui peut être inclinée, voûtée ou en forme de coupole. Normalement, il s'agit d'un élément-clé dans l'expression esthético-symbolique de tout l'ensemble.
La subdivision de l'espace intérieur dans le sens vertical qui est générée par les murs et l'enveloppe supérieure, ou couverture, est effectuée dans une grande proportion des cas grâce à des éléments végétaux, habituellement des troncs d'arbre, de palmier par exemple, qui ont comme principale caractéristique de résister à la traction et à la compression et, en conséquence, à la flexion.
Leurs prestations face aux deux exigences de base qui concernent ces éléments, ne pas se rompre et s'opposer à une excessive flexion, dépendent de leur forme (la portée qu'ils peuvent couvrir et leur section, ou dimension verticale) et de leur matériau, de leur résistance à la traction et de leur rigidité.



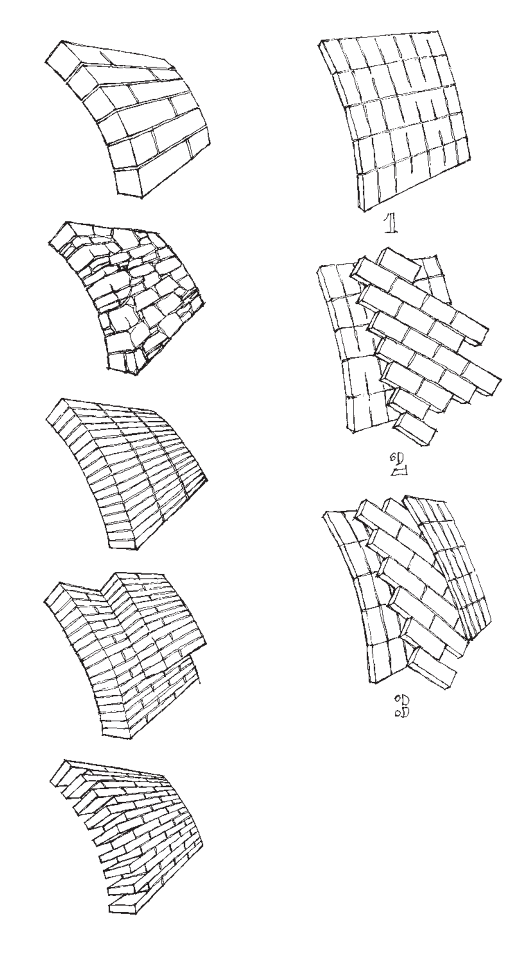
En général, les éléments rectilignes de grande longueur qui peuvent couvrir la portée complète sont coûteux et, pour réduire leur nombre, on les combine avec des éléments de moindre taille qui couvrent la portée entre deux éléments rectilignes principaux. L'ensemble de tout cela constitue ce que l'on appelle le plancher.
Les éléments qui couvrent la portée de l'élément de couverture agissent normalement comme des poutres inclinées et ne forment pas une authentique armature triangulée du fait de la difficulté à réaliser des nœuds entre les différents éléments. En général, on trouve une poutre sur laquelle un pied-droit court supporte deux poutres inclinées, chacune de la moitié de la portée, qui génèrent les plans d'expulsion des eaux.
Dans les lieux où l'ambiance est plus sèche, on trouve des couvertures planes qui, aux effets statiques, sont égales aux planchers sauf qu'elles sont soumises à des charges supérieures ; en effet, tout ce qu'il faut leur ajouter afin que, avec la superposition de couches non totalement imperméables, on obtienne malgré tout une bonne imperméabilité, alourdit l'ensemble.
Avec tout cela, les éléments qui ont impliqué un plus grand génie de la part de leurs constructeurs sont ceux qui suivent une ligne directrice courbe : arcs, voûtes et coupoles. Parallèlement, ce sont aussi ceux qui sont l'objet d'une plus grande admiration et qui posent davantage de questions encore sans réponse. Ils suscitent actuellement, compte tenu de leur disparition, un certain nombre d'enseignements académiques.
Les arcs peuvent être réalisés, de manière générale, de trois manières : avec des voussoirs de pierre bien taillées, avec des pièces de pierre plus grossières ou à l'aide de briques placées dans le sens du rayon de la circonférence de l'arc et scellées avec du mortier ; le joint de mortier dans les deux derniers cas est chargé de donner les différentes épaisseurs dans l'intrados et l'extrados pour obtenir la courbure.

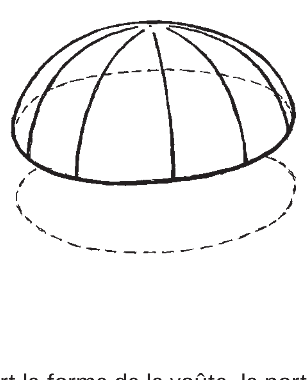
Pour comprendre un arc, il est nécessaire de considérer deux de ses aspects-clés :

- sa construction nécessite un élément auxiliaire provisoire, un échafaudage spécial appelé cintre, qui est une armature dont les caractéristiques dépendent de la maçonnerie de l'arc et des techniques concrètes de chaque lieu ;
- dans tous les cas, l'arc génère des forces inclinées, ou poussées, qui tendent à s'ouvrir vers les points d'appui, ou sommiers.

L'intégrité de l'arc depuis le premier moment requiert que ces points d'appui soient totalement indéformables et, pour ce faire, ils ont besoin d'une largeur déterminée. Les constructeurs d'antan ont développé des règles simples qui mettent en rapport la portée de l'arc avec la largeur de son point d'appui. Si c'est une arcade dans laquelle les arcs s'appuient de manière symétrique sur un pilier, ces poussées des arcs seront égales entre elles et elles ne génèreront qu'une charge verticale, ce qui n'est pas le cas pour les arcs des deux extrémités, qui requièrent un pied-droit d'une plus grande largeur.
De la même manière que les arcs, les voûtes peuvent être faites : de voussoirs parfaitement coupés, ce qui est peu commun du fait de la grande difficulté pour les obtenir ; de maçonnerie de pierre avec des pièces relativement planes semblables aux briques qui permettent de réaliser la courbure grâce au jeu avec les différentes épaisseurs du mortier ; ou bien de briques placées sur chant.
Toutefois, il y a, dans une grande partie du bassin méditerranéen, une grande tradition pour réaliser des voûtes qui ont, en fonction du lieu concret, des dénominations différentes —cloisonnées, *de maó de pla, in foglio*, ou même *sarracenas* (sarrasines)—, dans lesquelles la brique, au lieu d'être placée sur chant, est placée

3





parallèlement à l'intrados. Du fait que ce furent des maçons catalans qui les diffusèrent en Espagne, en France et en Amérique du Nord et du Sud, on les connaît aussi sous le nom de *bóveda a la catalana*, voûte catalane ou *catalan vault*. Elles requièrent au minimum deux couches de briques, la première étant prise avec du plâtre puisqu'elle permet de résoudre le problème fondamental de la construction de tout type d'élément arqué, l'armature nécessaire à leur construction, le cintre. Les voûtes catalanes peuvent s'en dispenser.

On a développé une multitude de techniques pour réduire au minimum la nécessité d'éléments de support provisoires des voûtes ; dans les cas où on les fait avec des briques sur chant, on commence par les coins, puis on monte, et ainsi de suite. Tout cela peut être analysé à partir de l'observation de l'appareil de l'intrados.

Dans tous les cas, les arcs exercent des forces, ou poussées, inclinées sur leurs supports qui requièrent une épaisseur plus importante par rapport aux murs qui ne reçoivent que des planchers.

De même que dans le cas de l'arc, il est important de connaître la règle que doivent suivre les constructeurs depuis des temps immémoriaux, par accumulation de connaissance empirique, pour mettre en rapport la forme de la voûte, la portée qu'elle couvre et l'épaisseur correspondante du mur qui lui donne sa stabilité.

Ainsi, par exemple, une règle établie au XVIIe siècle en Espagne pour les voûtes en berceau conseillait que pour de telles voûtes l'épaisseur des murs soit d'un tiers de leur portée.

Il est raisonnable de supposer que tous les constructeurs traditionnels ont eu des règles similaires qui se sont transmises de maîtres à apprentis, et il est indispensable de les connaître dans chaque cas.

On peut appliquer aux coupoles toutes les considérations précédentes et en ajouter une très importante : avoir des plans circulaires ou quasi circulaires permet d'établir un système d'équilibre de leurs poussées grâce à un renfort métallique, un anneau ou un tirant périmétral, qui parvient à réduire à zéro ces poussées, la coupole ne transmettant que des charges verticales, et cela entraîne une réduction très notable de l'épaisseur des murs.

Le bâtiment

Finalement, nous parvenons à l'ensemble du bâtiment. La construction de celui-ci implique que le constructeur comprenne la relation qui existe entre tous les éléments ; et cette compréhension est aussi nécessaire pour celui qui aborde le bâtiment pour le réhabiliter.

Le bâtiment provient de l'interrelation de l'espace et des éléments qui le délimitent. Et les dimensions de l'espace sont conditionnées par les possibilités de ces éléments. Si l'on dispose de grands arbres, il sera inhabituel de construire de grandes séparations entre les murs. Au contraire, si ces arbres n'existent pas dans la région, il faudra résoudre le problème avec des voûtes qui génèreront des murs plus épais. En d'autres termes, l'espace, même s'il est défini par la finalité initiale d'abriter les usages, est limité ou renforcé par les ressources matérielles et techniques.

Comprendre la relation entre les différents éléments constitue aussi une clé du problème. Par exemple, dans le cas des murs, le fait que l'un d'entre eux soit uni à un autre par un angle bien marqué peut lui permettre une plus grande sveltesse que le mur isolé ; en outre, il sera beaucoup plus stable pour résister à toutes les forces horizontales. Par conséquent, l'une des questions-clés dans le comportement des bâtiments de murs consiste à générer

entre eux des caisses formant des angles ou des unions en T. Finalement, la stabilité ne peut être comprise que comme étant celle de l'ensemble de tous les murs réunis entre eux.
Ceci nous mène à la dernière variable à prendre en compte en ce qui concerne le long terme. Dans les zones dans lesquelles il n'y a aucune activité sismique, les seules actions qui peuvent mener à réduire la stabilité du bâtiment avec le temps, comme nous l'avons dit au début, sont l'augmentation des charges, la réduction des épaisseurs ou bien la dégradation matérielle.
Cependant, dans les endroits où l'activité sismique peut être importante, il est indispensable de la prendre en compte. Et pour ce faire, il est indispensable de comprendre le comportement de l'ensemble de tous les éléments.
Un mur isolé qui reçoit un mouvement sismique perpendiculaire à son plan tombe facilement ; mais si ce même mur a deux perpendiculaires formant un U, il peut être parfaitement stable et résister à un mouvement sismique, y compris beaucoup plus violent.
Si l'activité sismique est très élevée, l'expérience des constructeurs les entraîne à ajouter des éléments qui répondent de manière plus effective, tels que des barres de fer qui unissent les murs opposés entre eux. Dans d'autres lieux, la stratégie combine la maçonnerie avec des éléments de bois qui constituent l'élément fondamental du mur, et ce dernier a par conséquent un comportement très distinct de celui du mur massif.
Dans cette vision de l'ensemble, on ne doit pas oublier que presque tout ce qui est présent à notre vue dans le bâtiment est la conséquence d'énormes transformations qui se sont produites, de manière générale, au cours de ce dernier siècle, et tout spécialement le développement des installations.
La majorité des bâtiments sont la conséquence des variations, des compléments, etc. qui se sont produits au cours du XXe siècle pour répondre à un besoin ou à un désir d'augmenter la commodité de l'ambiance et de l'hygiène. Toutefois, et il faut bien l'avouer, de nombreuses erreurs sont le fruit de l'oubli de l'histoire des bâtiments au moment de les rénover ou de les adapter aux nouveaux temps.
Parmi ces conséquences du XXe siècle, on voit apparaître avec toute sa force la mise en place des installations, totalement absentes à l'origine dans la majorité des bâtiments traditionnels. L'interrelation entre ce ou ces réseau(x) de tuyaux de tout type et les supports historiques requiert une étude très particulière, dont la compréhension sera indispensable pour le projet de réhabilitation. Sans le moindre doute, il faut la faire sur la base du fait que nous ne pouvons pas renoncer à ce que les XXe et XXIe siècles apportent en ce qui concerne la commodité et la sécurité des usagers de l'architecture traditionnelle ; et cela devra continuer à exister au cours des siècles à venir.

L'urbain

Nous atteignons maintenant la dernière échelle d'approche des bâtiments. Or, celle-ci les déborde, et c'est la raison pour laquelle ce texte se terminera ici : le regroupement de bâtiments, le village, la ville, l'urbain. Il est nécessaire cependant de préciser que si l'on souhaite comprendre le bâtiment, une partie des questions devront être orientées de manière déterminée vers l'interrelation entre tous les bâtiments, ou à l'inverse, il faudra comprendre la conséquence sur les bâtiments de l'ensemble de tout cela, c'est-à-dire de la ville ou de la trame urbaine.

En définitive, si l'on parvient à comprendre le *quoi*, le *comment cela a pu exister*, et que l'on apporte une réponse aux *pourquoi* actuels, mais aussi à ceux qui sont le fruit de l'histoire et des particularités du lieu, des techniques, des ressources, de la culture, du peuple qui l'habite, etc., si l'on parvient à donner une réponse à chacune de ces parties et, en même temps, à tout l'ensemble, on peut dire que l'on a une compréhension intégrale du bâtiment.

Analyse architecturale des bâtiments. Les typologies à Chypre

Eliana GEORGIOU
Architecte
Assistant technique au Département des Antiquités, Chypre

La restauration d'un bâtiment traditionnel implique de connaître l'architecture locale ainsi que le mode de vie traditionnel. Ce n'est que de cette manière que l'on pourra comprendre la typologie, la morphologie, ainsi que les matériaux de construction de la maison locale.

La vie simple des gens en rapport avec la terre et la nature se reflète dans la simplicité de la maison chypriote traditionnelle. Les besoins minimaux de la famille n'obligent pas le maçon à rechercher des formes de maison compliquées. Tout ce dont elle a besoin, c'est d'un espace d'abri sous lequel la famille chypriote pourra effectuer toutes ses activités. La forme de la maison suit simplement la logique de construction sans être influencée par l'intérieur.

Un facteur important de la formation des implantations traditionnelles à Chypre est la variété du paysage. Dans les zones planes, les implantations consistaient en une série de maisons à toits plats serrées les unes contre les autres. Un haut mur entourait chaque maison, en formant une petite cour. Dans les zones montagneuses, les maisons étaient attachées les unes aux autres sans interruption de la continuité et en exploitant autant d'espace qu'il leur était possible. Elles étaient couvertes d'un toit de tuiles.

La variété de la topographie de Chypre a permis au maçon anonyme d'offrir de splendides exemples de complexes de logement tout en évitant la monotonie, même lorsque les façades sont planes et simples. L'utilisation des matériaux locaux et l'expérience ainsi que les spécialités du maçon constituaient les facteurs importants de la formation de la maison. Les maçons



1

locaux construisaient des maisons sans aucun plan d'architecture, avec les matériaux disponibles dans la zone environnante. Les maisons étaient construites principalement en adobe et en pierre. Les ouvertures (portes et fenêtres) étaient rares (fig. 1) ; parfois, elles étaient encore moins nombreuses du côté de la route. De petites ouvertures rectangulaires ou carrées (*arseres*) permettaient la ventilation.

La maison traditionnelle simple la plus populaire est le *platimetopo makrinari* (fig. 4). Elle consiste en un seul espace rectangulaire couvert. À mesure que les diverses activités des gens augmentaient et que la vie devenait plus compliquée, les habitants ont eu besoin



2



3

4

1. Makrinari
a. Pezoula (raised platform)
b. Tsiminia (fireplace)

5

1. Dichoro
a. Nefka (wooden beam)
b. Tsiminia (fireplace)
c. Wardrobe
d. Souvanza (gypsum shelf)
e. Pezoula (raised platform)

6

1. Dichoro
2. Iliakos (covered veranda)

7

8

1. Dichoro
2. Iliakos (covered veranda)
3. Anoi (upper room)
4. Doma (flat roof)
a. Vota (stone arch)
b. Stairs

Ground Floor
Upper Floor

9

house
stable
storage
yart
stiadi
wc
oven

ground floor
from the book settlements of Akamas

de davantage d'espace que celui qui leur était offert par le *makrinari* ; c'est ainsi que le *dichoro* a été créé (fig. 5). Il s'agissait en fait de la réunion de deux *makrinari* à l'aide d'un arc. Le nouvel espace ainsi créé permettait davantage de confort, de mouvement et d'organisation. Parallèlement, l'*illiakos* est apparu (fig. 6).

L'*illiakos* (fig. 10) est un espace couvert construit en face de la maison et qui s'étend sur toute la longueur de la façade sud du *dichoro*. Toutes les activités du ménage ont été transférées dans l'*illiakos*. Ceci a été possible parce que le climat de Chypre le permettait. L'*illiakos* était une composante essentielle de la maison. L'espace était utilisé pour le travail, la récréation et la vie sociale, ainsi que pour la relation directe avec la nature.

Les différents espaces de la maison n'étaient pas construits au même moment mais, ajoutés en fonction des besoins, ainsi que du statut social et financier du propriétaire.

De même que des extensions linéaires, il y avait aussi des extensions en forme de L ou de U (fig. 7), ou encore en hauteur, à l'étage supérieur, du fait du manque d'espace sur le terrain.

La cour, qui était entourée par un mur, était le cœur de la maison traditionnelle chypriote. Elle jouait un rôle vital dans la vie quotidienne des habitants, et c'était là que toutes les activités avaient lieu (fig. 9).

Dans les villes, la maison était un modèle évolué de la maison traditionnelle rurale, mais plus complexe. Le *makrinari* demeurait l'espace de base. Les maisons étaient construites les unes à côté des autres sans rupture de la continuité, la façade longue du côté de la route. L'orientation dépendait de la route.

L'*illiakos-portio* était encore l'axe de la maison. Il constituait l'entrée principale de la maison et s'ouvrait avec un arc sur la cour postérieure. Parfois, il était clos pour offrir davantage d'espace intérieur. De chaque côté, symétriquement, se trouvaient deux *makrinaria*. Un deuxième *illiakos*, supporté par des arcs, était construit à côté, dans le sens de la longueur de la maison. C'est là que se trouvait l'escalier qui menait à l'étage supérieur (fig. 2 et



10

3). Cet *illiakos* interne se répétait à l`étage. À l'étage supérieur, au-dessus du niveau de la route et de l'entrée principale, se trouvait le *kioski* (fig. 11) (qui est devenu dernièrement un balcon) comme extension de la maison et connexion avec le monde extérieur.

L'entrée principale était construite avec beaucoup de soin et c'était un élément qui donnait son caractère à la maison urbaine. Parfois, au-dessus de la porte, on pouvait voir des pierres sculptées avec des figures humaines.

Par la suite, les petites ouvertures ont été remplacées par de plus grandes fenêtres munies de cadres en pierre et de petits volets, intérieurs et extérieurs.

La cour de la maison urbaine est plus petite et elle a perdu son rôle en tant que lieu de travail ; elle fait place aujourd'hui à un petit jardin planté d'arbres.

Il est aussi important pour certains de considérer la décoration intérieure ainsi que l'ameublement de la maison chypriote traditionnelle. On peut y voir d'excellents exemples de l'art folklorique, tels que des étagères de plâtre ou de bois, des métiers à tisser traditionnels, des garde-robes ou des placards, de même que des coffres richement gravés.



11

Sur le confort thermique des logements existants

Maria LÓPEZ DÍAZ
Architecte[1]
Agence Nationale de l'Habitat (ANAH), France

Introduction

Les bâtiments ont comme mission d'être des îlots de confort. Ils représentent la protection recherchée par l'homme.
Ils constituent des barrières à la pluie, neige, au vent, une protection contre le froid, et constituent… parfois, des filtres subtiles à la lumière, aux bruits et à la chaleur.
Cette recherche de confort n'est pas nouvelle : Socrate enseignait l'art de construire une maison agréable en fonction de l'orientation, la pénétration du soleil, en fonction de l'époque de l'année et de la configuration de la façade.
Cependant les exigences ont changé, ce sont durcies (je ne peux pas dire qu'elles ont évoluer), et on a laissé de coté une conception intégrale du bâti, on a recherché le confort au détriment des ressources naturelles.
Aujourd'hui une conception durable du bâti ou de la rénovation doit être axée sur les moyens passifs aussi bien que sur les équipements performants pour atteindre l'objectif d'un habitat confortable à énergie positive (qui produit plus d'énergie que celle qu'il consomme). Pour cela nous pouvons apprendre de nos anciens qui utilisaient des techniques différentes en fonction du climat : humidification, ventilation, isolation etc. Nous pouvons même apprendre des plantes.

Apprendre le confort des plantes ?

Les plantes obtiennent le confort dont elles ont besoin au moyen d'une conception, forme et positions adéquates.
Exemple : Le « Páramo » commence à 3200 m et va au delà de 4600m ; elle s'étend jusqu'à la Colombie et même le Pérou.
Les plantes partagent des caractéristiques d'adaptation semblables qui leur permettent de vivre dans cette région de climats extrêmes …durs
Lente croissance, les plantes de lente croissance peuvent absorber la chaleur de la terre pendant le jour
Pigmentation argentée, de ce fait la radiation solaire, qui est énorme à cette altitude, peut être réfléchie…
Des poils sur les feuilles permettent de conserver la chaleur et l'humidité en créant une barrière entre la surface de la plante et l'air.
Des feuilles petites et épaisses qui offrent la moindre surface au froid et à l'air pour conserver la chaleur et l'humidité, ainsi que la moindre surface au soleil… position presque verticale.



Feuilles petites et épaisses qui offrent la moindre surface au froid et à l'air.



Pigmentation argentée pour réfléchir la radiation solaire.



Poils pour conserver l'humidité…

3

L'architecture traditionnelle et le confort

L'architecture traditionnelle prend compte du *microclimat* pour obtenir le *confort hygrothermique des humains ainsi que celui du bâti.*
Le microclimat doit déterminer le choix de l'emplacement du bâtiment, soit pour profiter des conditions existantes, soit dans *l'évaluation des possibilités de corriger les conditions défavorables :* par la construction même du bâti, *par la maîtrise de la végétation, des plans d'eau, le choix des matériaux, la forme et disposition tailles des bais, etc.*
De cette façon on peut bénéficier d'un microclimat amélioré par rapport au climat de la région…
Néanmoins le confort c'est quoi ? le confort des personnes à l'échelle de la ville? à l'échelle des bâtiments, de leurs logements ? le confort du bâtiment ? Est ce que le confort d'hier et le même que celui d'aujourd'hui ? Quel confort pour demain ?
Si nous consultons le dictionnaire nous trouvons : « notion désignant un certain bien-être matériel » définition difficile à mettre en relation avec nos sensations de froid ou chaleur…
Si nous fouillons le sens dans l'ancien français « le confort signifie l'aide ».

> *« …Il s'appelait «* estre bien *» à la fin du Moyen Age, aisances ou commodités à la veille de la révolution française. Le* confort*, au sens ou nous l'entendons aujourd'hui apparaît en France à l'époque industrielle, avec un «* m *» tout britannique, par suite de la réimportation de ce mot français d'origine »(ref. bibliog. Du luxe au confort de* Jean *Pierre Goubert)*

En architecture ce terme deviens plus complexe. Le confort matériel semble plus facile à exprimer lorsqu'il s'agit d'avoir accès à une salle de bains, au wc, la définition se complique lorsque nous parlons du confort thermique… plutôt hygrothermique du moment que nos sensations sont en relation directe avec les deux paramètres, inséparables…
On parle du confort des personnes…mais aussi du confort du bâti. Il semble intéressant de signaler que le confort des personnes a des point en communs avec le confort du bâti :
Par exemple un degré d'humidité trop élevé nous empêche de trouver notre équilibre en transpirant, nous gêne dans la respiration, mais un degré d'humidité trop élevé est aussi la cause du danger de pourriture de certains bois, du risque du développement de champignons lignivores, d'une corrosion plus rapide des éléments métalliques, du risque de condensation superficielle sur les murs (surtout mal isolés) sur les ponts thermiques, la liste est bien plus longue…
La température interne de notre corps est proche au 37°C. Les ambiances qui nous entourent sont en général moins chaudes. Notre équilibre, notre confort hygrothermique peut être atteint lorsque notre corps ne peut perdre de la chaleur à une vitesse adéquate : s'il perd de la chaleur trop vite nous éprouvons une sensation de froid, trop doucement nous éprouvons une sensation de chaleur.



Confort des villes ? la minéralisation croissante synonyme d'augmentation de l'inertie thermique les villes subissent « l'effet d'îlot de chaleur ».



On recherche recréer des espaces verts sur les toits : les toitures végétalisées ont un rôle important dans le confort des villes : évaporation d'eau, rétentions des poussières, confort thermique, acoustique qualité de l'air.

Le confort d'hier ? d'aujourd'hui ? le confort en vacances ? le confort dans notre résidence principale ? sont ils les mêmes ?

L'homme cherche depuis toujours le confort…mais le concept de confort change avec l'histoire, avec les modèles culturels, avec les « progrès » technologiques, même avec les circonstances.

Lorsque nous sommes en vacances, par ex . en montagne, loin « de toute civilisation », situation idéale recherchée « que pour quelques jours » notre appréciation du confort est bien différente que celle que nous exprimons dans « notre chez nous , en ville » cette cabane froide, humide, pleine de d'infiltrations d'air, nous semble confortable. Néanmoins sa température son taux d'humidité est loin de nos paramètres de confort habituels.

Il y a quelques années, à l'époque de nos grandes-mères lorsque nous avions froid on portait dans la maison même un pull-over plus épais, même deux.

Aujourd'hui, avec des températures qui se rapprochent des températures négatives nous habitons nos maisons en « tee shirt »! même les bus en ville sont chauffés !

Le siècle précédent se caractérise par une exploitation sauvage des ressources de notre planète. Aujourd'hui une conscience de l'épuisement des ressources nous met face au dilemme de comment maintenir notre confort, « ce confort », dans un monde sans pétrole? avec une couche d'ozone à préserver…



Naturellement la végétation peut réduire le réchauffement d'une parois opaque : pergola et murs végétalisés de là l'intérêt d'utiliser des plantes à feuilles caduques qui permettent réchauffer les murs l'hivers et le protègent l'été.

La réponse sera peut être : avec un changement de comportement, avec des nouvelles technologies et en sauvons de l'oubli le savoir faire de nos anciens dans l'art de bâtir en harmonie avec le climat, avec des matériaux et des systèmes adéquats.

Le confort hygrothermique des personnes

Nous recherchons le confort : ne pas avoir trop froid, ne pas avoir trop chaud, ne pas sentir de courants d'air gênant.

Dans une même ambiance quelqu'un pourra se sentir à l'aise (sensation de confort) alors que quelqu'un d'autre pourra être gêné (sensation d'inconfort).

L'appréciation du confort dépend des personnes, cependant en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, les mouvements d'air et l'humidité on obtient l'équilibre souhaité pour la plupart des personnes

Le confort hygrothermique et le confort respiratoire dépendent de facteurs divers parmi lesquels nous pouvons citer:

- les personnes :
  - leur métabolisme,
  - les vêtements qu'il portent,
  - l'activité qu'elles font.
- la température et humidité
- la température moyenne radiante, de la température des parois de la pièce ou on se trouve
- la température des objets en contact avec notre corps
- le mouvement de l'air , son mouvement au voisinage de notre peau

Le corps humain cherche un équilibre, il échange de la chaleur avec l'ambiance selon divers mécanismes de transfert : conduction, radiation, convection, évaporation. Les échanges se font par les vois respiratoires et au niveau de la peau.

Un rappel :

Radiation

Il s'agit d'une émission de *rayonnements infrarouges.* Cette énergie thermique fait que tout objet plus chaud que les corps qui l'entourent cède de la chaleur à ces derniers. Il y a donc un échange thermique entre la peau et les éléments solides placés dans l'environnement.

Conduction

Contrairement à la radiation, la conduction exige un *contact direct entre les objets*. C'est le transfert de chaleur entre des objets qui sont directement en contact les uns avec les autres.

Convection

C'est un échange entre le *corps et un fluide en mouvement*, qui est presque toujours l'air ou l'eau. L'importance de la convection peut être considérablement modifiée par les conditions extérieures.

L'interaction entre les données objectives qui caractérisent le milieu et la perception des humains est complexe.

Variables en fonction des personnes :

La façon dont nous habillons. L'adéquation de nos habits aux sollicitations de confort peut nous permettre dans multiples situations de nous adapter rapidement, à des variables climatiques pas seulement à l'extérieur de bâti mais aussi bien à l'intérieur. Les valeurs d'isolation thermiques des habits sont mesurés en « clo » : unité d'isolement thermique de la vêture qui permet à un sujet au repos une température cutanée de 33°C dans une ambiance d'air et un entourage rayonnant à 21 °C

1 clo représente l'équivalent de 0,16m^{2}C/W de résistance thermique.

A partir de « l'utilisation irrationnel des énergies » l'homme, surtout dans les pays développés et très particulièrement au sein des grandes villes, à oublié le rôle des habits vis à vis de son confort thermique et des économies d 'énergie et de ce fait de la protection de l'environnement. Aujourd'hui lorsque nous avons froid nous « augmentons le chauffage » et lorsque tout d'un coup nous avons chaud au lieu de « baisser le chauffage » nous ouvrons la fenêtre…En été dans des journées caniculaires nous oublions de fermer les volets (si nous en avons eu la chance de les conserver) nous ouvrons les fenêtres au lieu de les fermer au moment ou la température de l'air et plus importante à l'extérieur qu' à l'intérieur du bâti.

Notre comportement est fondamental dans l'obtention de confort au moindre prix environnemental.

Nous grand parents faisaient recours à une technologie de pointe magnifique esthétiquement variable, tailles et couleurs en fonction de votre choix, un coût initial très faible, adapté à tous les budgets, qui à besoin d'un faible entretien, et le plus bas taux de retour : « le pull-over » ! pullover léger manches courtes : 0,17 clo pullover lourd manches longues 0,37 clo !

Energie métabolique (Watt/m^2 de surface de notre corps) et travail : la production d'énergie métabolique est en fonction, principalement du genre d'activité et la position… La sensation de confort est fonction de la production de chaleur de notre corps et des pertes de chaleur à travers la superficie de notre corps.

Niveaux d'activité, travail : en fonction de notre niveau d'activité notre corps a des besoins et des réactions différentes. Ex. : une personnes en repos, qui dors : 41 W/m^2 une personne qui monte une pente abrupte ou un escalier 260 w/m^2.

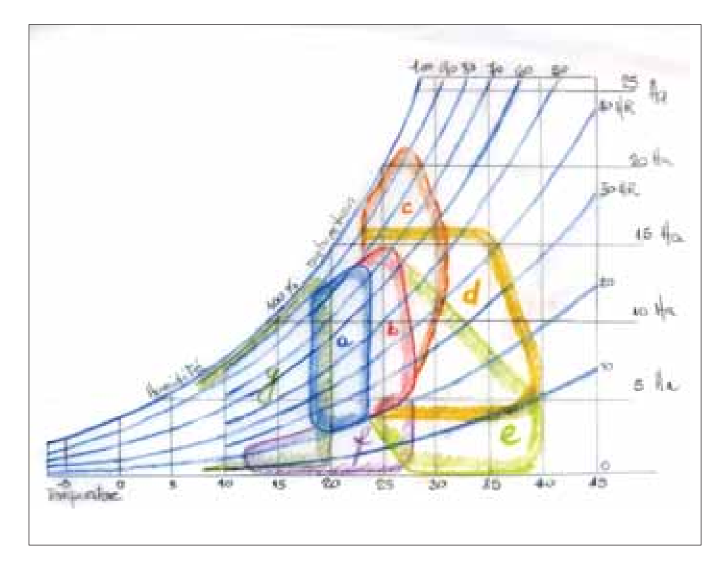
Capacité du corps à s'adapter à différentes conditions « climatiques » : vis à vis principalement de la chaleur : transpiration, augmentation de la circulation sanguine sur les couches externes du corps afin de augmenter les pertes de chaleur, changement de la forme de respirer.

Le confort : difficile équilibre entre la température et l'humidité :

La combinaison, l'équilibre, entre la température de l'air (température de bulbe sec) mesurée à l'intérieur du bâti et l'humidité relative de l'air, (quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air) toujours mesuré à l'intérieur du bâti, sont les données indispensables pour mesurer le confort hygrothermique.

Les « diagrammes bioclimatiques » nous indiquent les variables de confort concernant l'humidité et la température

Ce qui nous intéresse et la relation, l'équilibre entre la température et l'humidité comme nous pouvons l'apprécier dans le schéma suivant :



a) zone de confort en hivers
b) zone de confort en été
c) intérêt d'utiliser une ventilation traversante
d) intérêt de l'inertie thermique et d'une ventilation sélective
e) intérêt de rafraîchissement au moyen de l'évaporation
f) intérêt d'humidifier
g) systèmes solaires passives

Zone où la combinaison de « températures » et « humidités » qui nous offrent une sensation de confort ref ; bibliog. Diseño bioambiental y arquitectura solar Martin Evans Silvia de Schiller facultad de arquitectura diseño y urbanismo universidad de Buenos Aires

Si l'hygrométrie de l'air est élevée vis à vis de la température de l'air l'évaporation de la sueur est ralentie ce qui empêche le corps de s'adapter au climat et de ce fait nous pouvons parler d'inconfort.

Le confort en hivers

Quels enjeux ?
diminuer les besoins de chauffage en assurant le confort biologique en tirant parti du climat

Quelles stratégies ? capter, stoker restituer…
Control de l'incidence du soleil faire rentrer dans le bâti le soleil en hivers. La forme plus simple de chauffage solaire est la directe: une fenêtre au sud peut représenter une captation efficace

Pouvoir stoker cette énergie qui est rentre dans notre bâti (au moyen de l'inertie thermique des murs, des sols, capables de stoker cette énergie et nous la restituer)

Éviter l'impact du vent sur le bâti et sur les espaces de vie extérieurs

Éviter l'effet de parois froide	Quelle est notre perception prés d'une parois froide ? La température réellement ressentie, est la moyenne pondérée de la température de l'air et de la température radiante (la température moyenne radiante). Lorsque la différence de température entre les différentes parois est trop importante (parois chaudes / parois froides), on éprouve une sensation d'inconfort.

La hiérarchisation des espaces assure la transition entre « le dehors » et « le dedans » : le sas, qui n'est plus à la mode apparemment, à un rôle thermique très important. Cet espace tampon permet d'éviter des pertes d'énergie conséquentes chaque fois que la porte s'ouvre et permet à la fois d'avoir un espace de transition thermique entre la température interne et externe : ce qui nous permet une adaptation…confortable

Capter l'énergie du soleil il existe plusieurs systèmes entre autres :	Les murs capteurs : ils captent l'énergie solaire, l'accumulent dans leur masse, l'amortissent et la restituent sous forme de chaleur à l'intérieure après un déphasage de plusieurs heures grâce à leur inertie thermique (*ref . bibliog . traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*) tel est le cas par ex. du mur Trombe (sa performance est conditionné aux facteurs climatiques à l'orientation et inclinaison du mur) ou des capteurs à air (murs ou fenêtre)	
	Les serres et les vérandas constituent des espaces tampon qui favorisent le captage du rayonnement solaire, rayonnement qui est transformé en chaleur par effet de serre. Aspects à bien traiter :	Le risque de surchauffe diurne en été:
		Le risque de refroidissement nocturne en hiver.

L'inertie du sol peut être utilisé pour stabiliser l'ambiance intérieur et de ce fait obtenir du confort. Le sol a des capacités d'isolation thermique largement utilisées dans l'architecture vernaculaire. Le sol peut être utilisé de même, pour son inertie, pour préchauffer l'air en hivers (la température de la terre est plus haute que celle de l'air) aussi bien que pour refroidir l'air en été (la température de la terre en été étant inférieure à celle de l'air. Ces systèmes nous permettent d'obtenir du confort thermique au moindre cout environnementale.

Le mouvement de l'air le mouvement de l'air a une relation directe avec le confort. On considère deux vitesses possibles : la très faible vitesse correspondant à la convection naturelle, c'est à dire sans ventilation et une vitesse maximale admissible d'un courant d'air (chaud) obtenu avec ventilation. On obtient donc deux courbes limites qui représentent la limite de confort sans et avec ventilation.

Vitrages : le choix des vitrages a plusieurs implications : capter le maximum d'énergie ? la conserver ? gérer l'effet de parois froide ? chaude ? combien de lumière naturelle capter ? de ce fait le choix des vitrages et complexe et à besoin d'une réflexion particulière en fonction des besoins de confort thermiques, énergétique et d'éclairage naturelle, ainsi que de la forme d'occupation de chaque espace. ex : Une isolation thermique adéquate conduit à une diminution des déperditions et à l'obtention de confort.	Triple vitrage à basse émissivité: 0,7 W/(m^2.k)
	Gaz rare:1,1 W/(m^2.k)
	Double vitrage à isolation thermique renforcée:1,8 W/(m^2.k)
	Double vitrage classique: 3,3 W/(m^2.k)

Le confort thermique en été. Défit : confort sans clim au moyen d'astuces de conception

Mode de pénétration de la chaleur : Une partie de la radiation solaire entre à l'intérieur d'un logement par les fenêtres directement à l'intérieur du bâtiment (apports solaires directs) et une autre partie est absorbée par les murs et les toitures ou couvertures qui la retransmettent ensuite vers les pièces du logement (apports solaires indirects).

Nous disposons de différents moyens pour contrôler cette pénétration de « la chaleur » :

gérer les apports solaires extérieurs directs e indirects

La première démarche pour obtenir du confort thermique au sein des logements relève du bon sens et consiste à gérer les apports solaires extérieurs.

Nous avons vu que l'apport thermique solaire est essentiellement constitué par les apports solaires directs ou indirects sous la forme de rayonnements, ce qui conditionne notre sensation de confort bien plus que la température intrinsèque de l'air.

Les apports solaires sont essentiellement constitués par les rayonnements solaires qui rencontrent la surface des bâtiments.

Le rayonnement agit sur l'enveloppe des bâtiments, murs et toitures, et aussi sur d'autres matériaux comme les sols ou les trottoirs qui absorbent les radiations et les réémettent.

L'énergie (qui se manifeste sous forme de chaleur) se stocke dans les murs, rentre dans les bâtiments, voyage par les planchers sols et autres éléments constructifs associés…

Cette radiation est à l'origine de l'inconfort.

On parle des apports solaires directs par les baies et les fenêtres et des apports solaires indirects par les murs extérieurs et par les éléments constructifs associés par lesquels ils pénètrent.

Les apports solaires directs constituent une charge thermique très importante dont on peut se prémunir par des protections solaires.

Les apports solaires indirects sont principalement le fait de l'enveloppe des logements (murs, toits) dont l'inertie thermique et/ou l'isolation est insuffisante ou mal conçue.

Par ailleurs l'entrée intempestive d'air surchauffé, non indispensable à une bonne ventilation, est également un facteur aggravant.

Rôle de fermetures et des éléments de protection vis à vis du confort thermique et des économies d'énergies

Les fermetures et protections assurent :

- un rôle de protection mécanique directe par obstacle (intrusion, incendie, intempéries, vent) ;
- un rôle de protection du bâti (chaleur, froid, corrosion) ;
- une source de confort (thermique, visuel, acoustique)
- sans oublier la pénétration de la lumière naturelle….

Par ailleurs, elles participent à la caractérisation et à la valorisation architecturale des façades.

En ce qui concerne le rayonnement solaire, les fermetures et protections ont le pouvoir d'agir grâce à la mise en application de deux principes essentiels :

- l'isolation (écran au rayonnement, thermique ou lumineux)
- la réflexion (renvoi partiel, depuis leur face extérieure, du rayonnement)

Signalons que, selon la nature de la fermeture et celle de la protection, il est possible ou non de cumuler la présence de chacun de ces deux types d'éléments sur la même baie vitrée.

Les différents types de fermetures-protections peuvent être rassemblées en distinguant :

- les fermetures : volets, persiennes, jalousies.
- les protections : essentiellement les stores, eux-mêmes subdivisés en extérieurs, intérieurs, incorporés au vitrage.
- Les rideaux, et les films appliqués sur les vitrages, complètent le panorama.

En comparant l'efficacité des protections solaires l'été, on peut d'ores et déjà indiquer, par exemple, qu'en général les protections extérieures sont sensiblement plus performantes que les internes ; celles intégrées entre les lames de vitrage étant d'efficacité intermédiaires. Un store intérieur vénitien blanc, entièrement déployé, diminuera la radiation transmise à travers le vitrage de 44 % alors que placé à l'extérieur son efficacité sera de 85 %.

La plupart des protections extérieures permettent, pour une baie, que seuls 5 à 15 % de l'énergie arrivant sur la baie pénètre à l'intérieur du local *(doc. CEBTP « Caractérisation … » p. 57)*

Une autre notion à retenir est l'influence de la couleur : un store intérieur à enroulement entièrement déroulé, en toile blanche, atténuera la radiation transmise de 60 % contre à peine 20 % pour un même store, mais de couleur sombre, dans les mêmes conditions *(ref. bibliog. Arquitectura y Clima - Victor Olgyay)*

Ces protections peuvent être mobiles, voire motorisées de façon à s'adapter à l'intensité du rayonnement.

En fonction des matériaux et systèmes ils seront plus ou moins difficiles à entretenir il faut savoir que la propreté agit sur la performances des mêmes.

Quelques éléments de protection

- Stores : Les plus efficaces sont opaques et placés à l'extérieur. Ils sont alors susceptibles de réduire (34 à 59%) massivement les apports solaires et de contribuer ainsi à l'amélioration du confort par l'abaissement du rayonnement solaire et de la température de surface des vitrages.

- Vitrages spéciaux : Vitrages dont les caractéristiques leur confèrent des propriétés particulières. Ces caractéristiques dépendent principalement de l'épaisseur de la lame d'air, de la composition du gaz présent entre les deux vitrages, de la nature des éléments de menuiserie.
- Brise soleil et toit dépassant : Eléments d'architecture en saillie apportant un surcroît d'ombre et absorbant l'excès de chaleur solaire en été tout en permettant au soleil de pénétrer en hiver sans occulter le champ de vision depuis la fenêtre.
- Persiennes : Châssis extérieurs mobiles composés de panneaux à claires-voies et articulés pouvant se replier.
- Rideaux : On peut considérablement augmenter leur efficacité en les doublant par une toile d'aluminium, au fort pouvoir réfléchissant, disposée au plus près du vitrage.
- Volets : Panneaux mobiles de fermeture de baie.
- Volets roulants : Eléments horizontaux tels des lattes rigides à enroulement horizontal et faisant interception au soleil.
- Végétation : On doit préférer les arbres et les végétations à feuilles caduques qui permettent de capter le soleil en hiver (ombrage saisonnier). Les arbres à feuilles caduques permettent de protéger la façade pendant l'été et des gains d'énergie pendant l'hiver. La végétation oxygène et rafraîchit l'air par évapotranspiration et filtre les poussières en suspension. Les arbres réduisent ainsi l'insolation effective de 20 à 40 %. La végétation est susceptible de faire écran aux vents ou bien de les guider en fonction de nos besoins : soit on arrête le vent soit on le guide ou il est utile.
- Pare soleil et auvents protections solaires qui peuvent protéger les murs et ouvertures exposés. Ils protègent, entre autres, des rayonnements solaires directs.

Les apports internes dus aux équipements du logement peuvent être en effet très importants et source d'inconfort.

Un autre apport interne qui doit être prix en considération et celui due aux apport de calories des occupants, en cas de sur-occupation

Incidence des couleurs
La couleur des parois a une forte incidence sur la température de leur surface. Plus elles sont claires et réfléchissantes et plus elles rejettent de l'énergie solaire.

Protection thermique des toitures : Le toit qu'il soit horizontal ou en pente, en tuiles, en couverture métallique ou autres est le composant du bâtiment qui reçoit le plus d'ensoleillement et qui contribue le plus aux échanges thermiques et de ce fait une bonne isolation thermique est fondamentale au confort, et aux économies d'énergie. Son isolation par une épaisseur suffisante d'isolant contribue donc fortement au confort d'été et d'hiver, sans compter l'amélioration concomitante du confort acoustique.

Rôle de l'inertie. L'inertie d'un bâtiment mesure sa capacité à stocker de la chaleur et à en différer la restitution. Elle contribue ainsi à atténuer l'effet de surchauffe dû aux apports solaires. Sa



Les protections solaires : réduisent les surchauffes dues au rayonnement solaire, améliorent l'isolation en augmentant le pouvoir isolant des fenêtres.



La végétation oxygène et rafraîchir l'air par évapotranspiration, elle filtre aussi les poussières en suspension. La végétation à travers son système d'évapotranspiration fait des apports d'humidité à l'air, le mécanisme d'évaporation consomme de l'énergie, ce qui se traduit par une baisse de la température en adoucissant les températures d'été.

contribution est donc primordiale pour les façades orientées au soleil, en fonction du climat, du lieu et selon l'importance des alternances thermiques. Son rôle est spécialement important dans des climats à fortes amplitudes thermique journalières.
Les murs massifs et les toitures lourdes atténuent l'effet des forts écarts journaliers de température.

Le confort et la sur-occupation : La chaleur produite par le métabolisme n'est pas du tout secondaire et s'accumule. De plus, la pollution de l'air des pièces où plusieurs personnes se tiennent est évidemment fonction du nombre d'individus.
Les occupants dégagent de la chaleur et de l'humidité. Une personne assise et au repos dégage environ 100 watts lorsque la température ambiante est de 25 °C. Un moyen de limiter l'apport thermique interne : éviter la sur-occupation.

Privilégier l'éclairage naturel et limiter et bien choisir l'éclairage artificiel : Pour des raisons d'économie et de confort thermique et visuel, il est souhaitable de privilégier durant la journée l'éclairage naturel, ce qui ne signifie pas laisser passer directement le rayonnement solaire. Le soir et la nuit ou bien quand la lumière naturelle s'avère insuffisante, il peut être intéressant d'utiliser des lampes basse consommation. Les lampes "halogènes" augmentent sensiblement la température des pièces.

Limiter l'utilisation d'appareils ménagers fortement exothermiques Les appareils électroménagers dégagent eux aussi de la chaleur. Pour chaque appareil il est utile de connaître sa consommation : les notices des fabricants les indiquent.



Plans d'eau pour créer des microclimats confortables (Espagne).

Les systèmes de rafraîchissement naturels

- Système de rafraîchissement par ventilation. Le rafraîchissement naturel par ventilation est réalisable et intéressant lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure des locaux. En général pendant la nuit la température de l'air extérieur est inférieure à celle qui règne à l'intérieur des logements (ce n'est pas le cas en période de canicule) on privilégie la ventilation nocturne aux heures les plus fraîches de la nuit (entre minuit et six heures du matin). Cet effet de rafraîchissement nocturne peut être amplifié en ouvrant les fenêtres sur deux faces opposées dans le cas de logements à double exposition. Pour les logements qui se développent sur deux niveaux ce dispositif peut être encore amélioré en ouvrant les fenêtres des façades opposées sur deux niveaux différents (effet cheminée).
- Système de rafraichissement par évaporation. L'utilisation de plans d'eau permet de créer des microclimats et d'atténuer les variations journalières de température. Différents systèmes d'aspersion permettent également de rafraîchir l'air ambiant. On peut faire appel également à des procédés de brumisation. Avec des hautes températures et une Humidité relative basse, l'évaporation d'eau va produire une diminution de la température tout en augmentant l'humidité. exemple les fontaines des patio arabes.
- Rafraichissement en utilisant l'inertie thermique du sol : le puits canadien (ou provençal) Ce système est réservé aux bâtiments disposant alentour d'un terrain suffisamment vaste et disponible en sous-sol. Sa réalisation nécessite un investissement modeste et une technicité qui la met à la portée de nombreux professionnels. Le maintien des performances et la qualité du confort sont dépendants d'une maintenance et d'un entretien régulier. Dans son principe le système consiste à faire passer au préalable l'air neuf extérieur destiné au renouvellement de l'air de la maison par un conduit maintenu naturellement à une température inférieure à celle de l'atmosphère extérieure car enterré assez profondément dans le sous-sol. A noter que ce système peut également fonctionner en mode "préchauffage de l'air" dans la période hivernale puisque son passage dans le conduit élève alors la température de l'air admis. Les performances sont largement dépendantes des conditions d'installation : nature du sol, diamètre, nature et longueur du conduit, débit d'air appelé, topographie des lieux, isolation thermique des parties de conduit à l'air libre, etc.

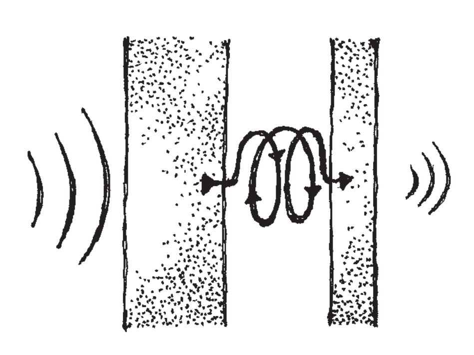
---

[1] Contact : Maria.Lopez-Diaz@anah.gouv.fr

Sur le confort acoustique des logements existants

Christian THIRIOT
Direction Technique de l'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH), France

Le bruit est de loin la première des nuisances citée par les Français[1] et elle leur est d'autant plus insupportable qu'elle est ressentie dans leur propre logement.
Pour autant il convient de faire la part de la réalité physique du bruit et de son ressenti qui dépend largement de sa source, de sa nature, de son heure d'émission, de son émergence, de sa répétitivité, etc.
Par exemple un robinet qui goutte pendant la nuit peut vous gâcher le sommeil alors que ce bruit ne représente que quelques millionième de l'énergie sonore d'un véhicule qui passe au loin et ne dérange personne.



La lame d'air située entre les deux plaques fait office de ressort[2].

La production des bruits

Le bruit est un phénomène vibratoire qui se propage dans l'air environnant soit directement soit indirectement.
Lorsque la source sonore se propage directement dans l'air, par exemple par le biais d'un haut-parleur, on parle de bruit aérien ; selon que la source de ce bruit aérien sera placée à l'intérieur du logement ou à l'extérieur du logement on parlera de bruit aérien intérieur ou de bruit aérien extérieur.
Lorsque la mise en vibration de l'air est consécutive au contact de cet air avec un élément soumis à un choc, coup de marteau sur un mur par exemple, on parlera de bruit de choc.
Si cette mise en vibration est due au fonctionnement d'un équipement, machine à laver par exemple, on parlera de bruit d'équipement ; là encore on pourra distinguer les bruits d'équipement extérieurs au logement (ascenseurs) et les bruits d'équipement intérieurs.
Bien entendu de nombreux bruits relèvent de plusieurs rubrique, un ascenseur délivrant des bruits aériens par son moteur, des bruits de choc via sa porte et de des bruits d'équipement par le mouvement de sa cabine. Selon le lieu où l'on sera un de ces bruits pourra apparaître prépondérant.

La perception des bruits

La part subjective dans la perception des bruits est souvent plus importante que le niveau de bruit tel que le mesurera un sonomètre ; par exemple le bruit d'une même chaudière lorsqu'elle se met en marche rassurera un propriétaire occupant mais pourra irriter un locataire. De la même façon l'état de fatigue ou de stress ou encore l'état de la relation que l'on entretient avec le voisin retentit sur la perception que l'on aura des bruits qu'il émet.

La transmission des bruits

Quelle que soit sa nature (aérien, bruit de choc, bruit d'équipement) un bruit chemine, entre sa source et le point de réception, selon des parcours complexes et souvent multiples en privilégiant les passages qui lui opposent la moindre atténuation qui sont appelés « ponts phoniques »
Ainsi un bruit aérien extérieur passera aisément par une fenêtre ouverte, un bruit de choc ou un bruit d'équipement sera facilement transmis par une cloison ou une tuyauterie.
La limitation de la gène due au bruit passe donc en premier lieu par une limitation à la source et en second lieu par la mise en place d'obstacles appropriés entre la source et le point de réception, étant rappelé que les chemins suivis sont parfois multiples et difficiles à localiser ; Ainsi il ne sert à rien de fermer une fenêtre si une autre reste ouverte.
Par ailleurs il ne faut pas mésestimer l'effet de masque par des bruits continus comme, par exemple, les bruits de circulation extérieure ; dans ce cas la pose de fenêtres très performantes du point de vue acoustique peut faire apparaître des bruits intérieurs comme des bruits d'équipements qui étaient jusqu'alors masqués et la gène pourra alors être accrue !
Un autre phénomène, celui de la réverbération, est à prendre en compte : il concerne généralement les pièces suffisamment grandes dont les murs sont rigides ou revêtus de carrelages par

exemple. Un ameublement normal atténue ce phénomène mais il peut être nécessaire de mettre en œuvre des mesures complémentaires. Il s'agit alors de correction acoustique.
Dans les parties communes la réverbération affecte souvent les couloirs et halls d'immeuble, rendant leur ambiance sonore inconfortable.

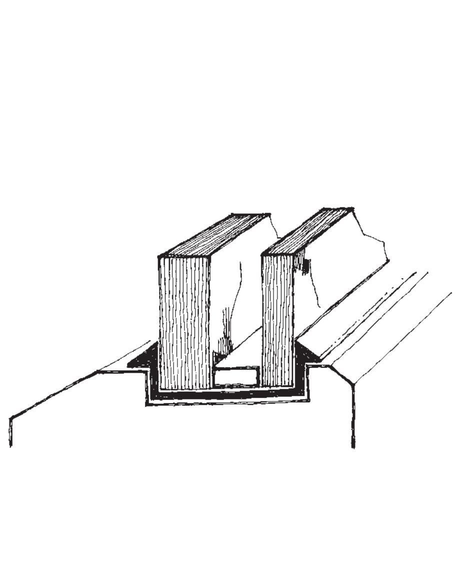
I. Bruits aeriens

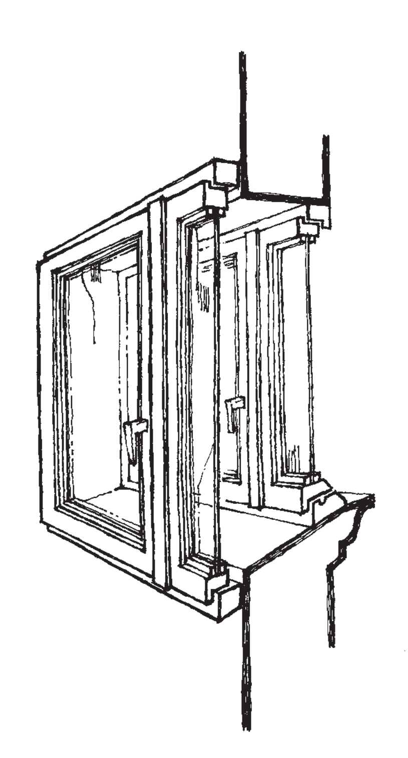
Outre la démarche privilégiée de la réduction de la nuisance à la source qui ne peut bien sûr pas toujours être mise en œuvre, le principal obstacle aux sons aériens extérieurs comme intérieurs est constitué par les parois horizontales ou verticales, murs et cloisons. Ces parois seront d'autant plus efficaces contre les bruits aériens qu'elles sont difficilement mises en vibration et en particulier les parois lourdes sont très performantes au plan acoustique. Bien entendu un mur lourd doté de fenêtres en mauvais état ne présente qu'un faible obstacle aux bruits aériens car c'est la partie la plus faible, la fenêtre, qui donne sa performance à l'ensemble.
Il existe toutefois des parois légères, des cloisons constituées de deux plaques de plâtre reliées entre elles par une ossature métallique, qui présentent également d'excellentes performances acoustiques ; l'air emprisonné entre les deux plaques fait alors office de ressort et atténue les bruits aériens.

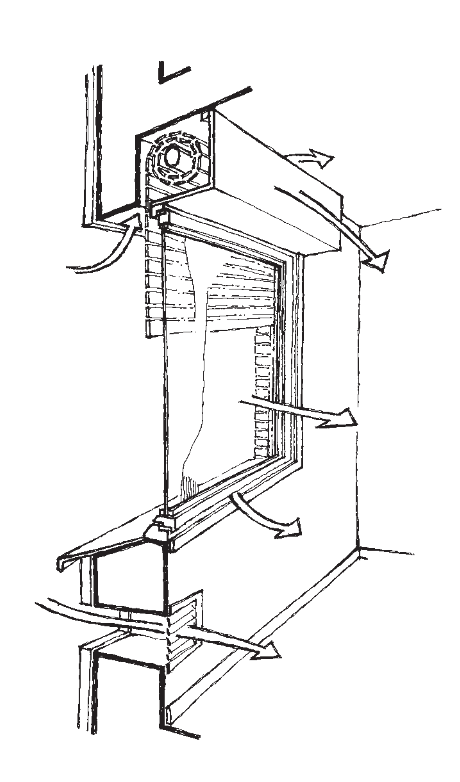
Ces performances sont encore améliorées lorsque l'on remplit l'espace entre les plaques par des matériaux spécifiques fibreux, généralement des laines minérales.
On peut aussi augmenter le nombre des plaques de plâtre, ce qui est une solution particulièrement adaptée aux réhabilitations de logements anciens car ces parois sont légères et ne pèsent pas sur la structure de l'immeuble tout en ayant des performances comparables à celles des parois lourdes. Toutefois ces solutions ne peuvent concerner que les cloisons intérieures au logement.

a. Les bruits aeriens exterieurs
Pour contrer les bruits aériens extérieurs les travaux devront porter principalement sur les points faibles à savoir en particulier les menuiseries, les entrées d'air, les volets roulants et les toitures.
Il conviendra de veiller à ce que ces interventions ne remettent pas en cause les systèmes de ventilation ; sinon le confort intérieur des logements s'en ressentira et le bâti souffrira.

Cas des menuiseries
L'objectif principal est de supprimer tout passage direct de l'air et donc toute voie de transmission du bruit extérieur. Un examen attentif de la situation par un professionnel, ce que l'on appelle un diagnostic acoustique, doit permettre de dégager la meilleure des solutions au regard du budget disponible :
- Conservation des ouvrants avec pose de vitrages acoustiques ;


Remplacement de la menuiserie existante par une menuiserie neuve, étanche à l'air et équipée d'un vitrage acoustique.


Pose d'une double fenêtre.


Les passages d'air favorisent la transmission des bruits extérieurs.

en ce cas il faudra veiller à ce que le dormant et les ouvrants puissent supporter la surcharge du vitrage qui est importante.

- Remplacement de la menuiserie existante par une menuiserie neuve, étanche à l'air et équipée d'un vitrage acoustique ; le dormant, s'il est en bon état, peut être conservé.
- Pose d'une double fenêtre ; cette solution, lorsqu'elle est convenablement mise en œuvre, est très performant et permet en outre de conserver l'aspect extérieur de la façade, ce qui est important lorsqu'il y a un enjeu patrimonial fort.

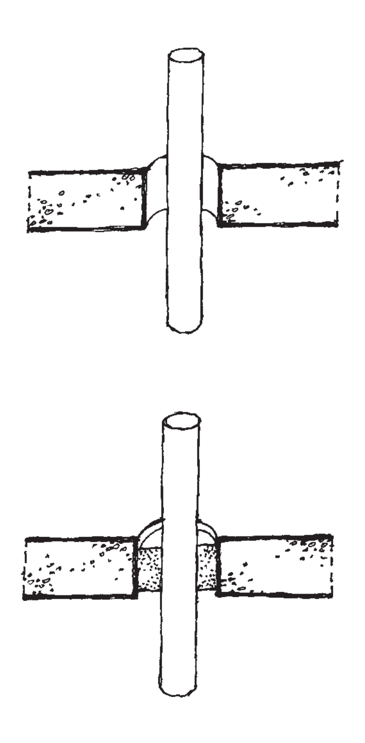
NOTA : Les doubles vitrages à visée thermique n'ont généralement que peu d'impact acoustique surtout si les deux vitres sont d'égale épaisseur et si les vitrages sont assez proche. Il convient de choisir des fenêtres (avec ouvrants et dormants) et des vitrages spécifiques dont les performances acoustiques sont inscrites sur le produit.
Il convient de s'assurer également que les systèmes de ventilation généralement associés aux fenêtres ne détruisent pas leurs performances phoniques.

Cas des entrées d'air
Il existe des entrées d'air spécifiques, dites « acoustiques » dont les parois sont revêtues de matériaux absorbants, ce qui permet de piéger les bruits extérieurs tout en permettant une aération correcte du logement.

Lorsque les menuiseries de remplacement ne sont pas pourvues d'entrées d'air intégrées, il convient de rétablir une ventilation convenable en pratiquant éventuellement des ouvertures dans la maçonnerie.

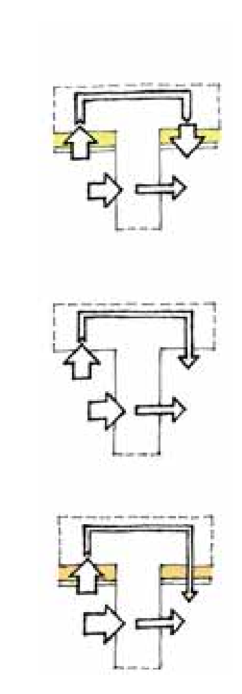
Cas des coffres de volets roulants
Ils constituent souvent un point faible de la façade au plan acoustique ; on pourra améliorer la situation en remplaçant les coffres existants par des matériaux plus denses et en bouchant tous les passages directs de l'air extérieur. Si possible on garnira en outre l'intérieur du coffre avec des matériaux isolants type laine minérale ou mousse absorbante(cf. *supra*).
En cas de remplacement intégral du dispositif on privilégiera la mise en place de blocs-baie avec volet roulant intégré qui présentent de bonnes performances acoustiques.

Cas des toitures
Les toitures sont particulièrement sensibles aux bruits extérieurs, notamment le bruit des avions, ce qui est particulièrement gênant lorsque les combles sont aménagés. Une première solution consiste en la mise en place d'isolants thermo-acoustiques. Si cette solution s'avère insuffisante il faudra avoir recours à des solutions plus lourdes comme la désolidarisation de la toiture du reste de la structure du bâtiment.

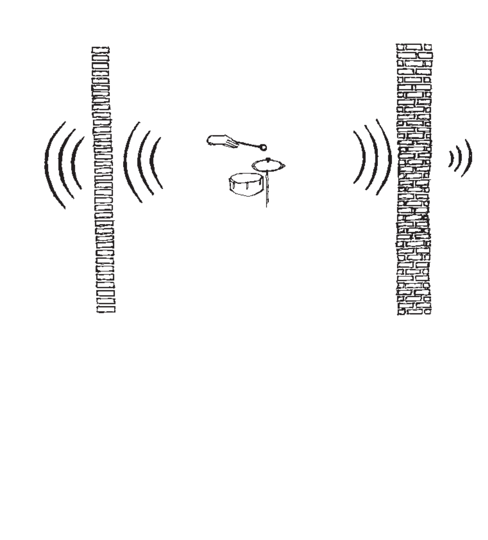




Points faibles acoustiques.



Les murs séparatifs entre logements.



Le bruit perçu derrière une paroi légère est peu atténué, mais le bruit perçu derrière une paroi lourde est bien atténué.

b. Les bruits aeriens interieurs

Les bruits aériens intérieurs nécessitent des interventions sur les planchers, les murs séparatifs ou encore sur les portes et cloisons palières.

Cas des planchers (et plafonds)

Les planchers (et plafonds) peuvent présenter des points faibles acoustiques au droit des canalisations qui les traversent ; soit des interstices laissent passer les sons, auquel cas il convient de placer des manchons élastiques ou des isolants acoustiques, soit les liaisons des canalisations avec les planchers sont trop rigides, auquel cas il faut désolidariser ces éléments avec par exemple des colliers antivibratiles pour empêcher que les vibrations des canalisations ne se transmettent au plancher ou au plafond.

Le passage direct à travers la paroi est contrecarré par le bourrage des interstices par un isolant acoustique.

Si le bruit est transmis directement par le plancher du logement situé au-dessus il faudra envisager un doublage acoustique de plafond sur le même principe que les doublages de murs séparatifs. Il est impératif de faire un diagnostic des transmissions dites secondaires, notamment par les cloisons verticales, car celles–ci peuvent être prépondérantes et alors le simple doublage du plafond sera coûteux et inopérant.

En outre, dans les bâtis anciens, le cheminement des sons peut être complexes et nécessiter une analyse par un professionnel.

Cas des murs séparatifs entre logements

Il est fréquent que des isolations thermiques posées sur la face intérieure des murs des logements présentent une rigidité telle qu’elles diminuent les performances acoustiques des parois entre logements. Il conviendra de les remplacer par des isolants dits thermo-acoustiques, plus souples, fixés soit par collage, soit entre le mur et une plaque de plâtre fixée sur une ossature métallique. La même solution peut être retenue si la transmission du bruit entre logements relève d’une faiblesse structurelle du mur séparatif.

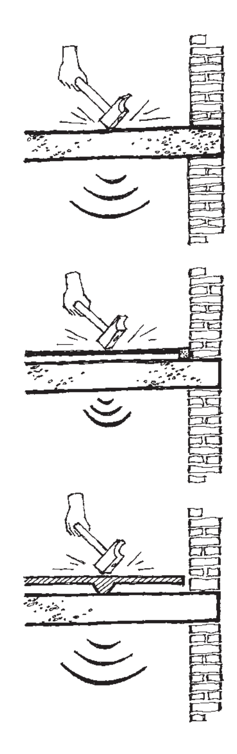
Cas des portes et cloisons palières

Les portes palières présentant des faiblesses acoustiques doivent être remplacées par des portes certifiées.

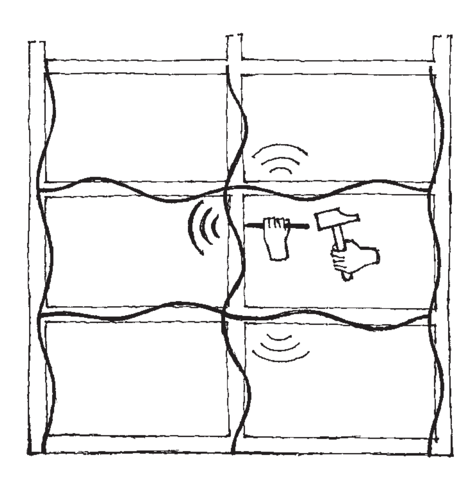
Les cloisons séparatives entre logement et palier pourront être traitées de la même façon que les cloisons séparatives entre logements (voir supra)

II. Bruits de choc et d’equipements

Les contacts directs entre les parois d’un logement et les parties soumises aux chocs ou aux vibrations facilitent la transmission de ces vibrations d’autant que la paroi est plus légère.



Une chape flottante mal réalisée est inopérante voire aggrave les transmissions sonores.



Intervention sur la structure.

On aura donc recours selon les cas à des supports antivibratiles, à des revêtements posés sur des sous-couches résilientes, à des chapes flottantes, à des plafonds suspendus etc.

A noter qu'une canalisation peut transporter très loin les bruits de chocs.

A noter également que la moindre petite erreur dans la mise en œuvre de ces dispositifs d'atténuation ruine tout le système d'atténuation du bruit ; en particulier tout point de contact direct d'une chape flottante avec son support rend inefficace ce lourd investissement.

Cas des bruits de choc

Au niveau du plancher

- Le principe d'intervention consiste à éviter que l'ouvrage ne se mette en vibration lorsqu'il est sollicité par l'impact d'un objet. A cette fin on pourra recouvrir le sol du logement où le bruit est créé par un revêtement ayant des propriétés d'absorption des chocs (moquette, sol plastique avec sous couche résiliente…) ou encore on pourra interposer une sous-couche résiliente entre le support du plancher et le revêtement de sol qui est sensible aux bruits de choc comme un carrelage ou un parquet rigide.
- Une autre solution assez lourde pourra consister à réaliser une chape flottante dont la réalisation devra être soignée et confiée à un professionnel averti.

Intervention sur la structure

- Dans le cas où il ne serait pas possible d'intervenir sur le logement d'où émanent les bruits il faudra interposer des barrières à leur transmission. Ce travail est une affaire de spécialistes au niveau du diagnostic et à celui de la réalisation et l'intervention d'un acousticien est alors nécessaire.

Cas des bruits d'équipements

Intervention sur les équipements

La plupart des appareils électroménagers, les chaudières et la robinetterie disposent d'un marquage NF qui précise leur performance acoustique ; toutefois leur mise en service est tributaire d'éléments extérieurs qu'il convient de prendre en compte et de corriger éventuellement. Ainsi un robinet de bonne qualité ne sera silencieux que pour autant que la pression de l'eau n'est pas excessive. De même une bouche d'extraction d'air deviendra « sifflante » si les débits ne sont pas appropriés.

Les équipements passifs comme les tuyauteries doivent impérativement être fixés à des parois lourdes par des colliers antivibratiles.

Enfin des équipements intrinsèquement bruyants comme des moteurs de VMC pourront utilement être suspendus et capotés avec un habillage léger couvert intérieurement de matériaux absorbants.

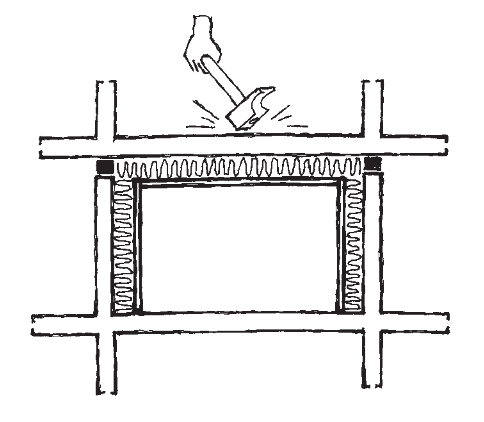
Reverberation :

La correction acoustique consiste dans le cas général à revêtir les parois de revêtements absorbants comme les tissus muraux ; dans ce cas les caractéristiques de la paroi ne sont pas modifiées par rapport aux bruits aériens.

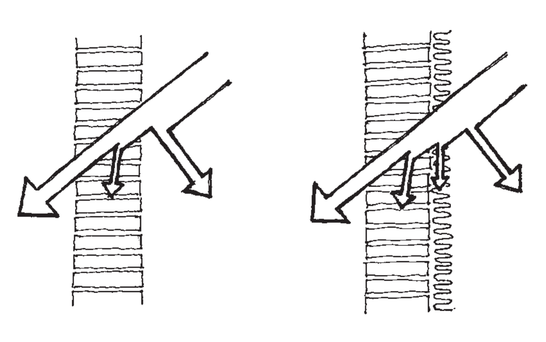
---

[1] On se reportera utilement sur les fiches techniques publiées par l'ANAH et notamment la fiche « bruit et confort acoustique » ainsi que la brochure « le bruit ».

[2] L'idée des illustrations a été fourni par le CSTB pour le compte de l'ANAH.



La mise en place d'un matériau absorbant atténue la transmission du bruit.



La mise en place de matériaux absorbants améliore le confort sonore de la pièce mais ne diminue pas les transmission du bruit dans la pièce voisine.

Outil 4
Faire le relevé du bâti ancien



Outil 4
Faire le relevé du bâti ancien

Premières réflexions sur le relevé graphique du patrimoine vernaculaire

Santiago CANOSA REBOREDO
Architecte
Professeur au Département d'Expression graphique architecturale II et responsable de l'Atelier de Patrimoine architectural à l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Il est difficile d'argumenter le thème qui nous occupe sans faire référence à la *Charte du patrimoine vernaculaire construit* ratifiée à Mexico en octobre 1999, et surtout à sa profonde introduction dans laquelle se trouve très clairement défini le concept de patrimoine vernaculaire et où l'on nous avertit de sa fragilité[1].

C'est pour cette raison que, lorsque l'on m'a proposé d'écrire cet article, je n'ai pas voulu perdre l'occasion d'apporter ma contribution à l'énorme effort qui devrait être réalisé pour garantir la continuité ainsi que la protection de ce patrimoine. Je dois dire d'autre part que, bien que cela soit évident, le patrimoine rural a des caractéristiques propres mais que la méthodologie et les techniques qui sont employées pour son relevé graphique ne diffèrent guère de celles qui sont employées pour le relevé des autres bâtiments faisant partie de notre patrimoine construit. Peut-être la plus grande différence réside-t-elle dans son irrégularité, qui nous oblige à une plus grande précision dans le recueil des données.

Ceci dit, il m'a semblé intéressant de structurer cet article sur le relevé graphique en faisant un parcours par les différentes phases qu'il doit intégrer, ainsi qu'en maintenant l'ordre dans lequel, selon moi, ces phases devraient être effectuées. De telle manière qu'en détaillant ce processus j'en suis venu à définir les principes qui garantissent le résultat final du relevé graphique.

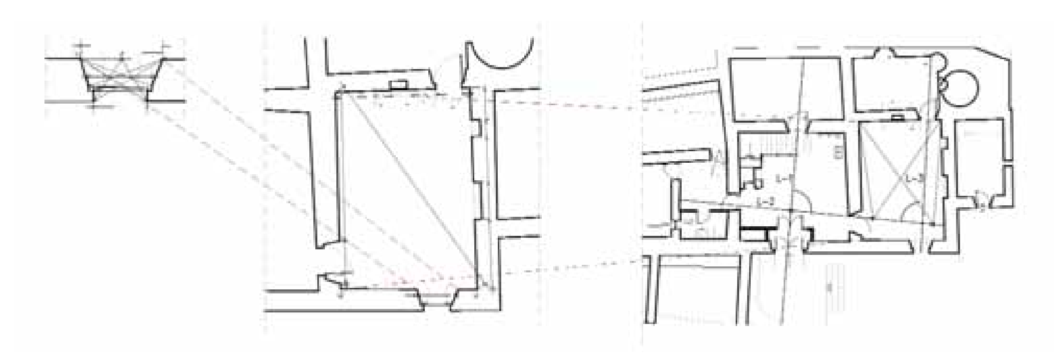
J'ai aussi voulu mentionner certaines conditions préalables, comme par exemple :

- le fait de considérer que ce travail fera partie d'un relevé architectural complet, dans lequel interviendront divers spécialistes, et que de la correcte coordination entre eux tous dépendra le résultat du relevé dans son ensemble ;
- ensuite, le fait que le relevé graphique que l'on va réaliser ait été commandé par une tierce personne, qui peut être le responsable d'un plan directeur, par exemple, et qui aura pour objectif une intervention future sur le bâtiment faisant l'objet du relevé : dit d'une autre manière, nous ne sommes pas les destinataires de notre travail. Dans tous les cas où l'on intervient dans un bâtiment, dans la phase préalable au travail, on a pour habitude de recueillir autant de relevés graphiques qui ont été faits sur celui-ci, et ce afin d'obtenir une information de départ de valeur et de pouvoir contraster les résultats a *posteriori*. Or, l'expérience a montré que nombre d'entre eux, parfois réalisés par de grands architectes, sont véritablement pauvres en contenu et ne constituent que de simples rappels des différentes parties du bâtiment ;
- enfin, je vais accepter l'utopie selon laquelle on n'aurait pas de limite de temps pour effectuer le relevé graphique, préalable qui n'existe que rarement.

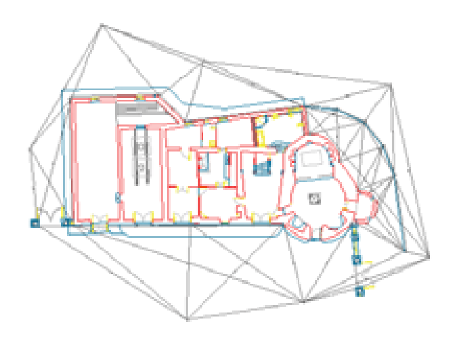
Ces préalables étant posés, je vais maintenant analyser les étapes du processus de travail.

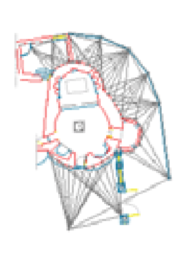
Définition de la commande

Il est très important de conserver un contact étroit avec l'institution ou la personne qui a fait la commande du relevé graphique, afin de définir de manière très claire l'intention de celle-ci et de connaître l'emploi qui sera fait des données que l'on va fournir. Je pense, en effet, que le relevé sera orienté de manière différente selon la finalité à laquelle il est destiné : restauration, réhabilitation, consolidation, démolition, documentation, etc.). Le contenu du travail est essentiellement le même, et l'on devra



Un système d'alignements permettra de situer le détail des différentes dépendances faisant partie d'une distribution et, avec cela, de définir correctement l'épaisseur des murs qui la délimitent.





Grâce à un système fermé de stations, on définira correctement l'environnement du bâtiment à relever.

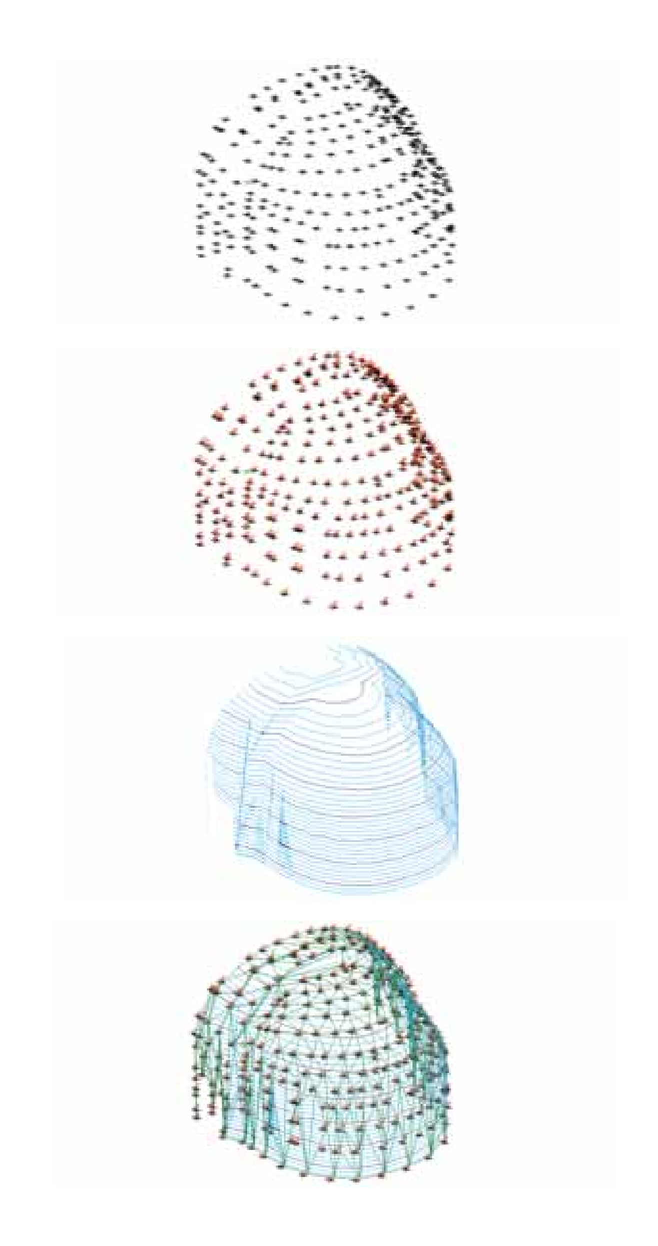
seulement le compléter de manières distinctes, en employant des systèmes de représentation différents, en modifiant les échelles ou en étudiant différents types de détail. Le destinataire du relevé est important ; qui va recevoir le travail et comment le veut-il ? De même que dans le paragraphe précédent, la présentation du travail devra-t-elle varier selon qu'il est destiné à un architecte, à un archéologue, à un cabinet d'ingénierie, etc. ?

Information initial

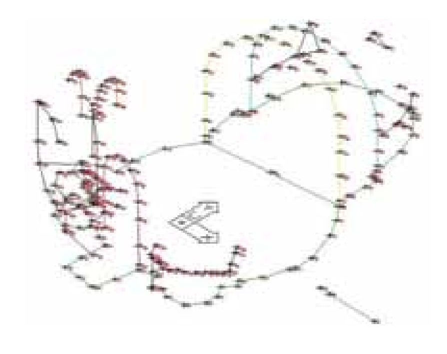
Je pars du préalable que tout le temps passé et les frais engagés pendant le processus d'information initial seront toujours rentables et économiseront du travail postérieur. Et pour cela, je propose de mener à terme les actions indiquées ci-dessous.

Consulter les sources bibliographiques, les archives municipales, celles des autres institutions civiles ou religieuses de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment ; vérifier leur iconographie ; et entrer en contact avec les personnes qui ont actuellement ou ont eu dans le passé des relations avec le bâtiment. L'expérience a montré que l'architecture vernaculaire, peut-être parce qu'il s'agit d'une architecture créée par ses propres usagers, crée elle-même d'importants liens avec ceux-ci ; des liens qui perdurent avec les générations, qui conservent en général les rares documents qui ont été générés pendant les différentes étapes de la construction, et ce en plus de maintenir une tradition orale qui n'est pas moins importante. La *masia* catalane en est la preuve : un pourcentage élevé de ces grandes demeures continuent à être habitées par les familles qui ont commencé leur construction autrefois.

Entretenir des contacts pendant cette étape avec les autres professionnels qui interviendront dans le relevé architectural sera important. Grâce à eux, on situera mieux le bâtiment dans son contexte historique, ce qui permettra d'identifier les inquiétudes ainsi que les besoins de ses usagers. Cela permettra aussi de situer son environnement socioculturel, d'identifier correctement les étapes de la construction, de faire une lecture correcte des parements. Parallèlement, les arts appliqués aideront à dater correctement chaque intervention. Et, de même que ces appréciations, on en réalisera de nombreuses autres qui



En appliquant des programmes simples de topographie à une multitude de points pris sous une voûte, on pourra définir ses sections horizontales et, de cette manière, la régularité de celle-ci.



Le recueil de données au travers de la station totale sans prisme permettra de situer plus facilement dans l'espace les lignes de base du bâtiment.

participeront à une meilleure compréhension du bâtiment.

Faire une reconnaissance directe du bâtiment : s'orienter, se situer en lui, reconnaître *in situ* ses phases de construction, savoir à tout moment ce que sont les dépendances qui nous entourent, qu'elles aient ou non un accès direct depuis le lieu que l'on occupe. Prendre ainsi les premières notes et réaliser un important dossier photographique. Il est intéressant de réaliser ce processus en l'étalant sur plusieurs jours, surtout si le bâtiment à étudier est complexe : en effet, les périodes de réflexion entre les visites finiront toujours par donner leurs fruits.

J'ai toujours pensé que le processus de réalisation du relevé graphique était l'inverse de celui qu'effectue l'architecte ou le maître d'œuvre pour la construction. Celui-ci, en effet, conçoit la manière de créer des espaces qui donneront satisfaction à certaines nécessités et, en partant des premières ébauches, il finit par définir son œuvre sur papier pour la construire ensuite. Eh bien, nous, nous partons de l'œuvre réalisée et, au travers d'ébauches ou de croquis, nous parvenons à lever les plans de ce qui était alors le projet initial. Mais, si l'on approfondit, peut-être parviendra-t-on à pressentir l'idée initiale qui a amené le maître d'œuvre à définir les espaces et les volumes tel qu'il l'a fait, ainsi que leurs relations entre eux, l'idée initiale qui a provoqué le projet, ou la phase du projet que l'on est en train d'analyser. En définitive, on se rendra compte de la grandeur de l'âme qui l'a conçu. Si l'on parvient à ce degré de connaissance, on est dans les conditions idéales pour commencer le relevé. Malheureusement, cela ne se produit pas toujours.

Pendant le processus de reconnaissance, on décidera de ce que vont être les projections nécessaires pour définir de manière satisfaisante la géométrie du bâtiment, les systèmes de représentation à employer et les échelles appropriées, ainsi que l'ordre dans lequel sera réalisé le travail. J'ai remarqué tout particulièrement cette notion d'ordre ; en effet, combien d'erreurs aurait-on évitées, et avec elles combien de voyages pour les rectifier, si avant de réaliser certaines projections on avait tenu compte clairement des informations qu'aurait pu nous donner une autre projection que nous avons repoussée.



L'aide de la photographie dans la prise de points au travers d'une station totale sans prisme est fondamentale. On essaiera de placer l'appareil dans le même lieu où l'on placera ensuite la station. Si le balayage des points se fait verticalement, comme cela se passe dans les séries 3-6 et 82-86, on pourra déterminer la verticalité des arêtes au moment même du recueil des données. On ne définira jamais un arc uniquement par la prise de trois points.

Travail de terrain et travail de cabinet

Chacune des projections que l'on a décidé de réaliser exigera un double processus : le recueil des données sur le terrain, et leur mise à l'échelle par la suite.

Je dois préciser que les nouvelles techniques, appliquées à ces deux processus, les rendent de plus en plus interdépendants. Depuis la première ébauche ou le premier croquis on devra penser à ce que sera le système idéal pour en obtenir une correcte interprétation –pour ne présenter qu'un exemple : tenter de représenter à l'échelle les multiples projections auxquelles peuvent donner lieu une voûte à nervures en partant des croquis traditionnels avec un système de dièdres sera beaucoup plus difficile que reconstruire cette même voûte en trois dimensions, grâce à un bon programme de dessin assisté par ordinateur, puis de la sélectionner et de la projeter sur autant de plans qu'il sera nécessaire. Et il est évident que le recueil des données pour les deux processus sera différent–. La photographie est l'assistant idéal pour le recueil des informations avec station totale sans prisme, plus encore aujourd'hui avec l'immédiateté de la photographie digitale. Ne pas travailler avec la photographie obligerait à réaliser de multiples perspectives à main levée qui permettront d'identifier des points dans l'espace. Je ne veux pas dire par là cependant de renoncer au recueil des données de manière « classique » dans des systèmes diédriques ou axonométriques, qui demeure essentiel et qui complétera, dans la plupart des cas, les données obtenues avec les autres systèmes.

Parmi les différentes méthodes de mesure possibles –itinéraire, alignement de base, polygonale, en rayon, etc.– on devra employer la méthode appropriée pour chaque type de construction ou combiner plusieurs d'entre elles en portant un intérêt spécial, dans ce cas, à la forme dans laquelle sont mises en rapport les différentes méthodes de mesure. Il n'y a pas le moindre doute que la méthode idéale sera celle qui garantira une moindre accumulation d'erreurs.

À l'intérieur des bâtiments peu compartimentés, il est en général approprié d'employer un réseau de stations, ce qui donnera des informations aussi bien des plans que des sections ou des élévations. Par contre, lorsque la distribution intérieure est importante, le système d'alignements de base fonctionne habituellement de manière correcte. Par cette affirmation, je ne prétends absolument pas dicter un système de travail, et chaque cas devra être l'objet d'une profonde réflexion ; en définitive, ce

sera la construction elle-même qui exigera le système de travail approprié.
L'irrégularité dans les architectures vernaculaires n'est pas seulement apparente, elle est bien réelle. Bien qu'il y ait eu une intention d'obtenir des parallélismes et des symétries, le manque d'orthogonalité dans les pièces est caractéristique, la variation de l'épaisseur des murs, aussi bien en plan qu'en section, est importante, la verticalité est relative. En effet, tout dépend de l'étape de la construction, du système d'appui des plafonds des différents étages, ainsi que de l'habileté des ouvriers qui ont fait les travaux, habituellement les futurs occupants non spécialisés, dans le meilleur des cas dirigés par une personne experte. Tout cela obligera, pour pouvoir garantir la correction du travail, à définir des plans de travail horizontaux ; cela obligera aussi à mettre en rapport les différents étages au travers des éléments en creux, trous d'escaliers, patios, façades, et jamais en s'appuyant sur de supposées verticalités, normalement inexistantes.
On devra très souvent employer des systèmes de mesure différents pour définir l'intérieur et l'extérieur des bâtiments, ou les différents étages de ceux-ci. Dans ces cas-là, on devra faire particulièrement attention à mettre correctement en rapport les divers systèmes utilisés. Chacune de ces méthodes devra s'appuyer sur un système de cotation propre, partiel, original, polaire, etc. garantissant l'accumulation d'erreurs la moins importante possible.
Un thème qui a toujours provoqué chez moi une certaine inquiétude est la dichotomie qui existe entre la précision de mesure des nouveaux appareils et l'irrégularité des bâtiments qui composent notre architecture vernaculaire ainsi que le patrimoine construit. Jusqu'à quel point doit-on être précis ? A-t-on le droit de simplifier les données obtenues ? Cela devrait-il donner lieu à deux relevés distincts ? Je laisse volontairement ces questions sans réponse.
Nous avons déjà parlé des relations entre les travaux de terrain et ceux du cabinet. Il est important que les deux coïncident aussi dans le temps en effet, leur alternance facilitera le travail dans une bonne mesure. Il n'est pas bon d'accumuler les données de terrain –sauf s'il n'y a pas d'autres manières de faire– en pensant à un travail de cabinet ultérieur. En effet, on prend le risque d'oublier dans ce cas les détails qui peuvent être déterminants dans le processus. La mise au propre du matériel d'un jour permettra de réfléchir sur l'efficacité du recueil des données de ce même jour et, peut-être, d'améliorer le processus des jours suivants. L'aide qu'apportent des projections déjà réalisées pour le recueil de nouvelles informations est importante, en même temps que l'on pourra vérifier *in situ* leur correcte exécution.
Il ne faut jamais oublier, comme nous le mentionnions plus tôt, que le relevé graphique n'est qu'une partie du relevé architectural, mais une partie importante, qui sera exigée par les autres professionnels qui interviendront dans celui-ci, comme matériel d'appui à leurs interventions. Les archéologues, les géologues, les historiens de l'art, les catalogueurs de biens meubles, etc. auront tous besoin du relevé graphique pour contextualiser leurs contributions. Avant même le début des travaux, on doit se mettre d'accord sur un ensemble d'éléments afin de parvenir à une unité de langage qui permettra une meilleure compréhension de la totalité du relevé architectural.
Je terminerai ici cet article tout en disant, en guise de conclusion, que ce petit texte est le fruit de l'étude, des réflexions provoquées par de nombreuses erreurs commises au fil des années, déjà nombreuses, consacrées au relevé architectural mais surtout à l'expérience vécue conjointement à mes collègues et étudiants boursiers de l'Atelier du Patrimoine architectonique (TPA)[2] de l'Université polytechnique de Catalogne.

[1] « Le patrimoine bâti vernaculaire suscite à juste titre la fierté de tous les peuples. Reconnu comme une création caractéristique et pittoresque de la société, il se manifeste de façon informelle, et pourtant organisée; utilitaire, il possède néanmoins un intérêt et une beauté. C'est à la fois un reflet de la vie contemporaine et un témoin de l'histoire de la société. Bien qu'il soit oeuvre humaine, il est aussi le produit du temps. Il serait indigne de l'héritage de l'humanité de ne pas chercher à conserver et à promouvoir ces harmonies traditionnelles qui sont au coeur même de son existence et de son avenir.
Le patrimoine bâti vernaculaire est important car il est l'expression fondamentale de la culture d'une collectivité, de ses relations avec son territoire et, en même temps, l'expression de la diversité culturelle du monde.
La construction vernaculaire est le moyen traditionnel et naturel par lequel les communautés créent leur habitat. C'est un processus en évolution nécessitant des changements et une adaptation constante en réponse aux contraintes sociales et environnementales. Partout dans le monde, l'uniformisation économique, culturelle et architecturale menace la survie de cette tradition. La question de savoir comment résister à ces forces est fondamentale et doit être résolue non seulement par les populations, mais aussi par les gouvernements, les urbanistes, les architectes, les conservateurs, ainsi que par un groupe pluridisciplinaire d'experts.
En raison de l'uniformisation de la culture et des phénomènes de mondialisation socioéconomiques, les structures vernaculaires dans le monde sont extrêmement vulnérables parce qu'elles sont confrontées à de graves problèmes d'obsolescence, d'équilibre interne et d'intégration.
Il est par conséquent nécessaire, en complément de la Charte de Venise, d'établir des principes pour l'entretien et la protection de notre patrimoine bâti vernaculaire. »

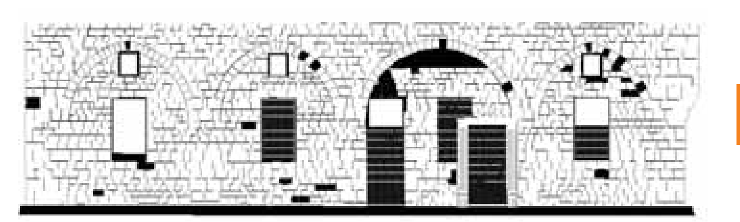
[2] Mon expérience principale de tentative de récupération du patrimoine rural est constituée par les travaux que nous avons réalisés au TPA sur la masia catalane et que nous sommes en train de mener à terme pour l'essentiel dans les régions du Collsacabra et du Montseny. Ces deux zones très proches de Catalogne, uniquement séparées par le bassin du Ter, ont une orographie très similaire mais une évolution de leurs masies très différente. Malheureusement, elles présentent des résultats décourageants dans les deux cas.
Les masies du Collsacabra sont en général de grandes dimensions, des maisons pairals, produites pour certaines d'entre elles par une infinité d'agrandissements, d'autres présentant des réminiscences d'anciennes familles nobles de la région. L'orographie de la zone en a fait des demeures qui se consacrent pour l'essentiel à l'élevage, tout en ayant de petites extensions de terrain consacrées à l'agriculture.

Conseils pour developper un bon etat des lieux

Michel DAOUD
Architecte,
Liban

Introduction

Une des importantes étapes préalables à toutes interventions de restauration ou de consolidation, est le relevé de l'état actuel des lieux. Le but de ce relevé est de servir toute étude historique ou technique, en étant un support et base de données, nécessaire à l'analyse architecturale du bâtiment. Il pourra être représenté graphiquement, photographiquement et/ou descriptivement.
Dans l'architecture historique, le concept du relevé ne se limite plus à un simple mesurage fidèle de l'existant mais il prend des dimensions scientifiques et historiques importantes dans l'élaboration des caractéristiques spécifiques appartenant à chaque typologie architecturale.

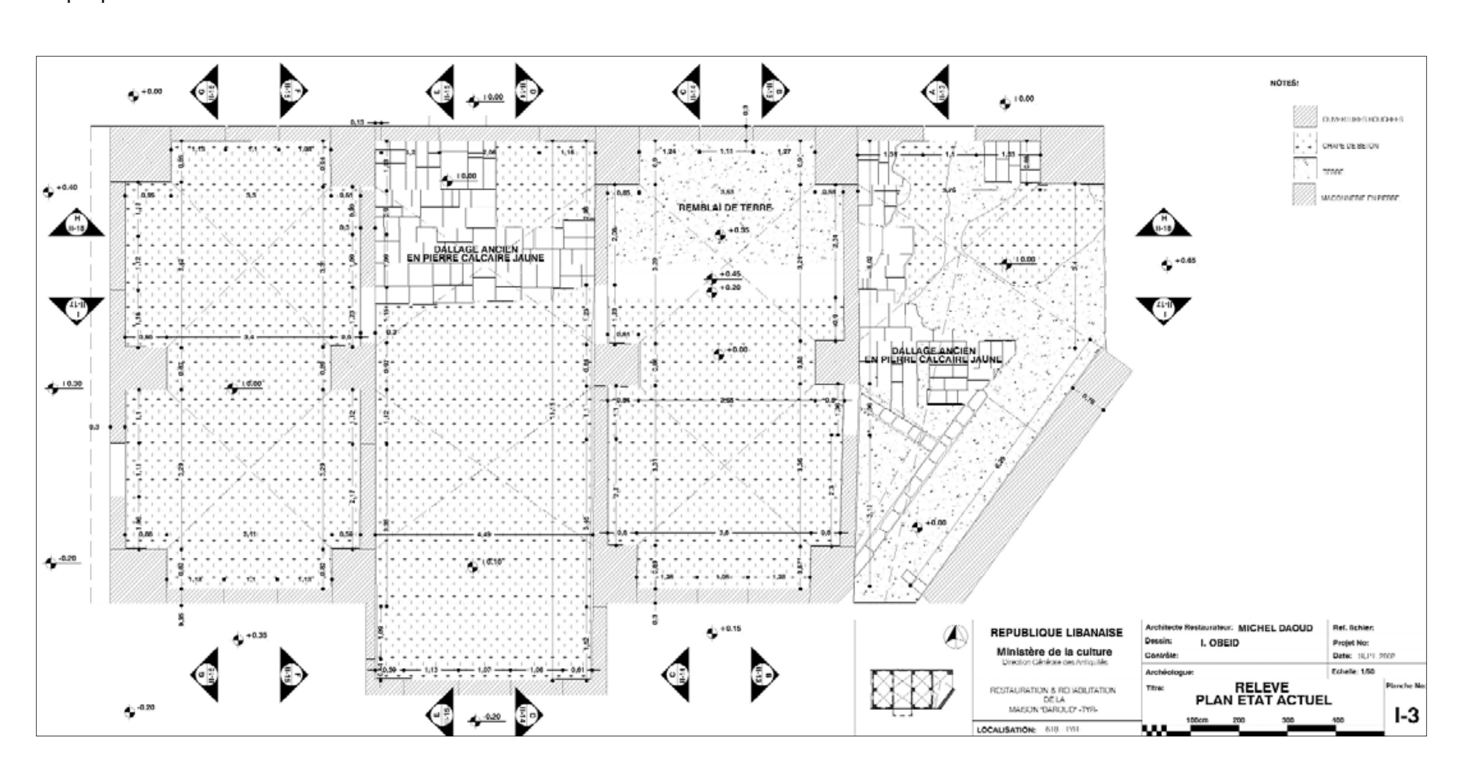


État actuel (façade Maison Baroud, Tyr, Liban)

Le releve graphique

Il s'agit de représenter sur un support (papier…) une construction architecturale, afin de :

- Faciliter sa lecture et comprendre ses dimensions et ses proportions.
- Fixer numériquement ses coordonnées et connaître sa position dans l'espace et sa relation avec son entourage.
- Saisir les anomalies structurelles : fissuration, tassement différentiel, glissement, etc.
- Connaître les matériaux de construction et les éléments décoratifs.
- Sauvegarder une documentation précise de l'état actuel du bâtiment.



Relevé graphique (plan Maison Baroud, Tyr, Liban)

Les méthodes de relevé

On distingue généralement trois méthodes de relevé graphique : le relevé manuel, le relevé instrumental ou topographique et le relevé photogrammétrique.

- Le relevé manuel consiste à prendre des mesures directes en utilisant les instruments de mesure classique : décamètre, niveau à eau, jalons d'alignement, fils à plomb, boussole, etc.
- Le relevé topographique consiste à utiliser les instruments de mesure optique : théodolite, tachéomètre, goniomètre, etc.
- Le relevé photogrammétrique consiste à utiliser la photographie et les programmes informatiques dans l'élaboration du relevé.

Le relevé graphique comporte deux phases essentielles : l'une appelée manuelle (croquis et minutes de chantier) et l'autre dessin graphique.

La première consiste à dessiner en croquis tous les plans, les coupes et les élévations de la construction sur lesquels seront reportés les dimensions et les mesures en utilisant une échelle convenable à la compréhension du dessin, ainsi que les indications descriptives, le commentaire ou les remarques prises sur le chantier appelés *minutes de chantier*.

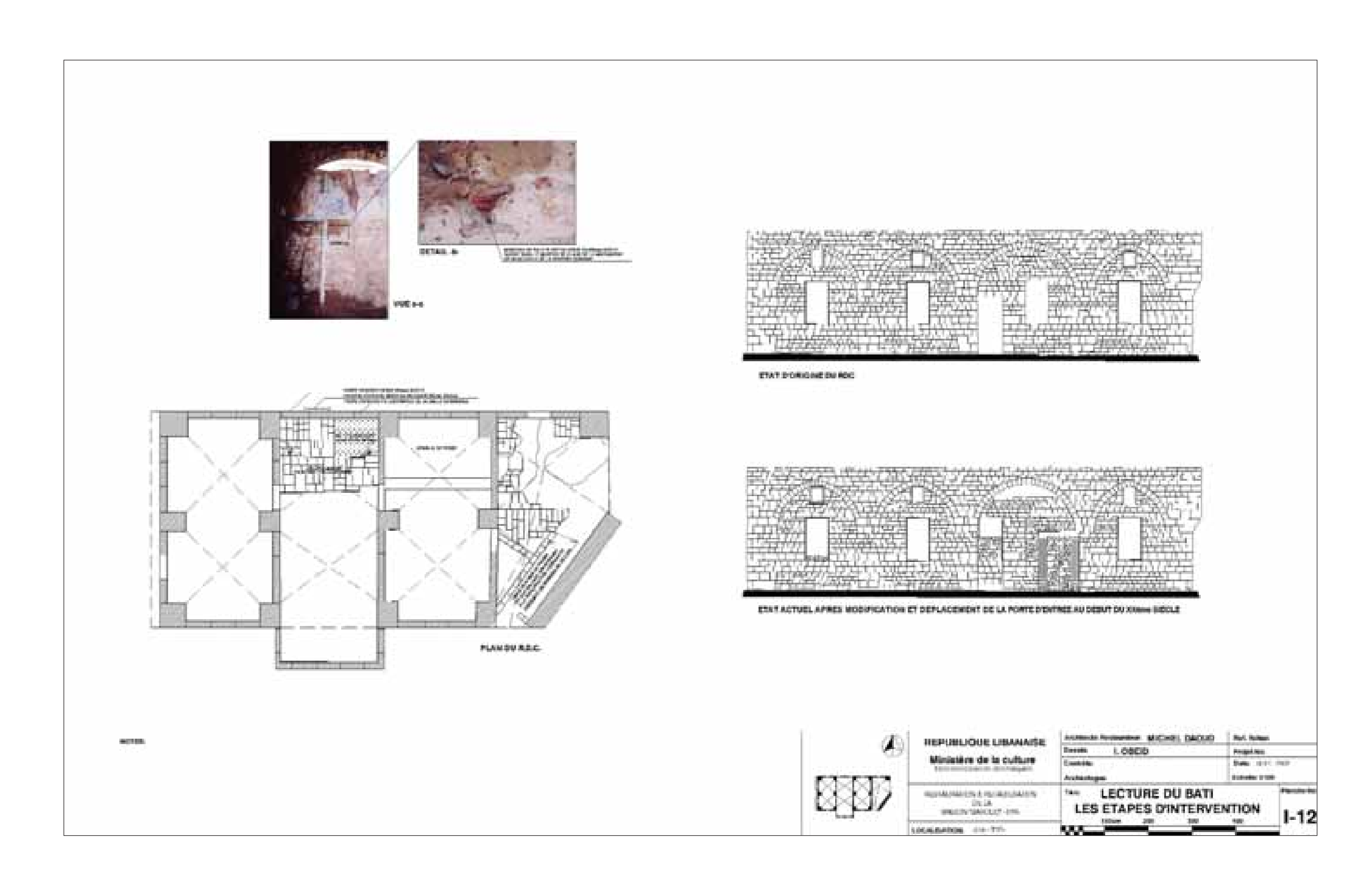
Pour réaliser cette phase du relevé il faut se munir d'un porte-documents, papiers à dessin, crayon, gomme, etc.

Le document de cette phase devra être soigneusement conservé afin de pouvoir le consulter dans une future restitution graphique ou pour répondre à de nouvelles exigences.

La deuxième phase sera le développement du relevé-croquis en dessin graphique sur échelle. Il faut indiquer sur la planche de dessin le Nord, l'échelle, la localisation, la date du relevé, et le nom de l'auteur.

Cette phase pourra être effectuée directement sur un support de papier ou en utilisant le support informatique.

Le relevé topographique est considéré comme complément de vérification du relevé manuel. Parfois, son emploi devient indispensable pour relevé des points inaccessibles. C'est un relevé de précision surtout, dans le cas d'intégration de la construction dans le réseau urbain.



Lecture du bâti (façade Maison Baroud, Tyr, Liban)

Le relevé photogrammétrique. Dans le cas de points inaccessibles, ainsi quand on ne dispose pas d'instrument de mesure, la photogrammétrie sert de méthode facile et rapide pour relevé un bâtiment. Il suffit de prendre deux photos par un appareil photographique spécial pour un même objet et les développer à travers un logiciel informatique spécifique pour obtenir le redressement de la perspective et restituer la « photo-élévation » à deux dimensions.

La documentation photographique

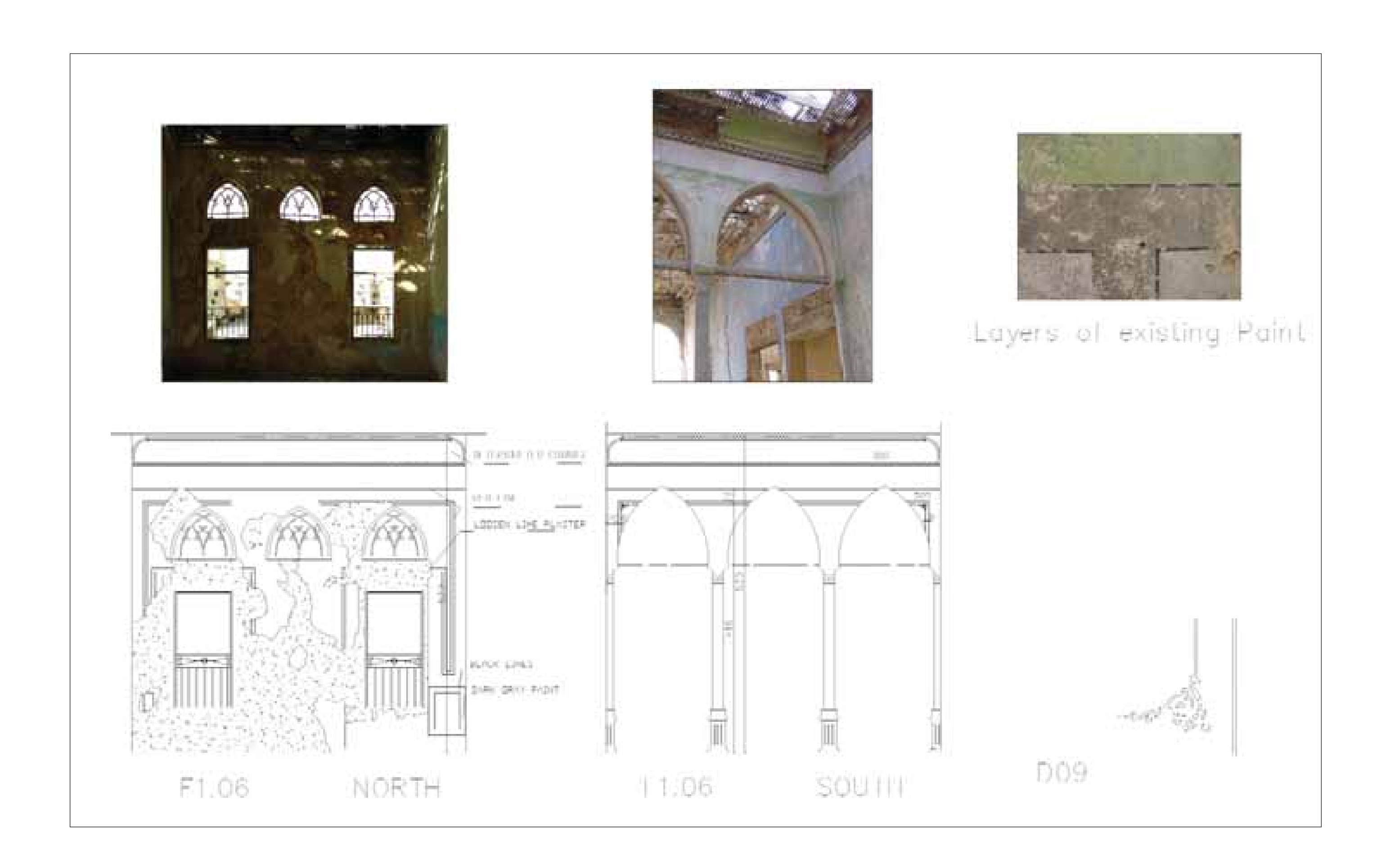
En complément du relevé graphique la documentation photographique illustre l'état des lieux au moment du relevé. Elle est indispensable pour connaître la volumétrie de l'édifice ainsi que les détails, les couleurs et les matériaux utilisés.
Plusieurs informations de l'état d'un édifice pourront être reportées sur papier par la photographie tandis que les plans et les élévations du relevé graphique ne sont que des dessins géométriques et scientifiques qui cachent beaucoup de connaissances.

La stratigraphie

Le relevé permet de déterminer la stratigraphie d'une construction. En effet, il doit faciliter la lecture et la compréhension des différentes phases de construction ainsi que les transformations que le bâtiment a subie, afin de comprendre l'œuvre et en saisir toutes ses valeurs historiques et techniques.
Il ne faut pas oublier que celui qui effectue le relevé, au moment de sa lecture du bâtiment, pourra identifier le phasage de construction à travers l'interprétation du rapport des dimensions, des volumes, des matériaux utilisés, ainsi qu'à travers les différentes techniques constructives.

Les etudes typologiques

Un relevé poussé doit comparer les différentes typologies du bâtiment. Les proportions et les dimensions des éléments architecturaux ainsi que les formes et les espaces nous permettent d'identifier la typologie et la datation de chaque partie du bâtiment.



Études des couleurs (enduits intérieurs Maison Mamelouk, Tyr, Liban)

Outre qu'une simple opération de mesure, le relevé graphique de l'état des lieux devient une base de données à partir de laquelle on pourra déterminer les valeurs historiques et culturelles du monument.

Les etudes des coleurs

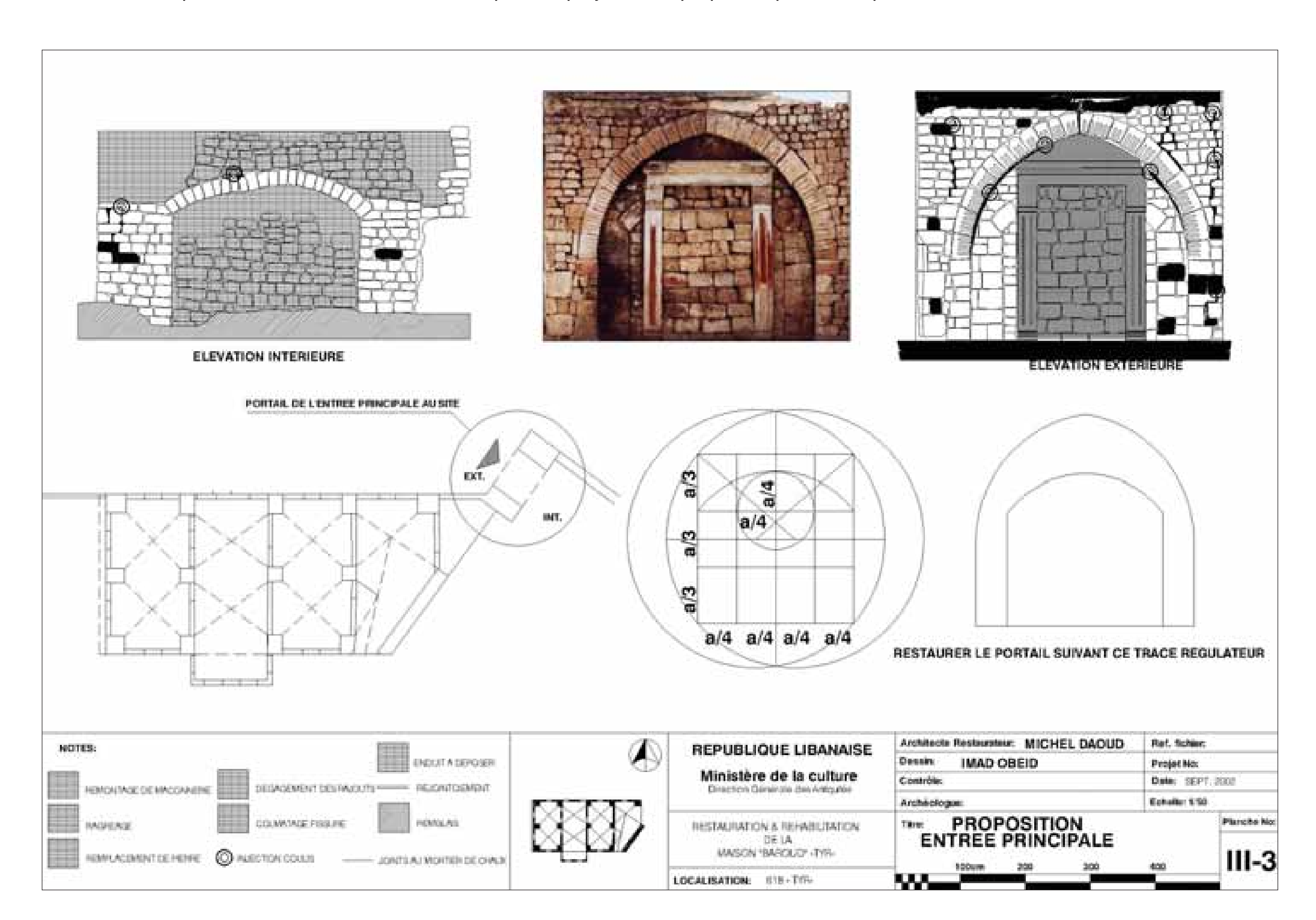
Le relevé comprend un catalogue des couleurs : des pierres, de l'enduit, du bois ou des peintures utilisées dans le bâtiment. Ce relevé devra identifier les différentes couleurs des différentes couches de peintures ou de badigeon, ainsi que leurs natures : à l'huile, badigeon de chaux, etc.
Des fiches comprenant la localisation, le dessin, et la couleur pourront servir comme documentation pour des études comparatives de couleurs ou pour de futures analyses ou recherches.

Analyse architecturale du batiment

Le relevé scientifique d'une œuvre architecturale suppose toute une série d'enquêtes : connaissances des techniques employées, des matériaux, du système constructif, du système structurel, etc. L'analyse architecturale peut fournir en outre des informations sur la fonction et les activités qui se déroulaient dans le bâtiment.
Cette analyse permet de connaître et comprendre les caractéristiques spécifiques de l'oeuvre architecturale : rapport des dimensions, modules, typologie architecturale, valeurs spatiales. Ainsi elle permet de repérer les parties originelles des transformations postérieures.

Conclusion

Nous avons démontré précédemment l'importance du relevé de l'état actuel des lieux, qui devient nécessité indispensable avant toute intervention de restauration ou de recherche historique.
Un relevé détaillé devra être complété par une description écrite, un catalogue photographique et pétrographique afin de mettre en évidence tous les aspects de la construction. Des manques dans le relevé peuvent entraver les hypothèses historiques ou archéologiques proposées pour l'interprétation du bâti.



Analyse des modules (façade Maison Baroud, Tyr, Liban)

Relevés graphiques.
L'expérience Chypriote

Eleni PISSARIDOU
Docteur en Architecture
Département des Antiquités, Chypre

La réhabilitation d'un bâtiment traditionnel lance divers défis à l'architecte ou à l'ingénieur qui est chargé du projet. En effet, au travers du projet, il est appelé à comprendre les nombreux aspects du bâtiment ainsi que son architecture traditionnelle ; toutefois, tout en préservant et en respectant le patrimoine architectural, il est aussi appelé à faciliter sa transition vers les générations futures dans une condition lui permettant de supporter la durée.

L'un des éléments critiques de l'étude consiste à permettre la restauration du bâtiment traditionnel avec une intervention minimum sur son architecture, sa méthodologie et ses matériaux de construction, tout en en faisant un logement confortable, répondant aux besoins modernes de ses habitants.

Après avoir reçu la commande de la réhabilitation du bâtiment, l'architecte ou l'ingénieur devra se rendre sur le site et, au cours de cette visite, il/elle fera l'évaluation initiale en termes de taille, d'espaces et de conditions du bâtiment. Il y a des exemples où le bâtiment est instable et a un besoin immédiat d'un support de base ; d'autres où il s'agit plutôt d'un nettoyage du site ainsi que de l'enlèvement soigneux de débris, de telle manière que l'architecte ou l'ingénieur puisse travailler autour du bâtiment pour l'étude graphique. Le nettoyage du site devrait être effectué très soigneusement, à la recherche de traces des composantes du bâtiment et des matériaux qui pourront être utilisés pour sa restauration.

Il y a plusieurs méthodologies ou pratiques d'étude graphique, comme l'étude photogrammétrique, l'étude de scanner digital ou l'étude graphique traditionnelle. Cette dernière est de nature largement manuelle, et elle utilise des outils tels que le mètre-ruban, le niveau, le fil à plomb, l'altimètre, etc. Quelle que soit la méthode choisie, le résultat final devrait être une série de plans précis (vue de plan, vues de côté, sections et détails architecturaux et de construction).

La méthodologie de l'étude graphique traditionnelle commence avec les premiers croquis, qui doivent être clairs et proportionnés.

Ce stade est suivi par les mesures (horizontales, verticales et diagonales), pour lesquelles au moins deux personnes seront nécessaires.



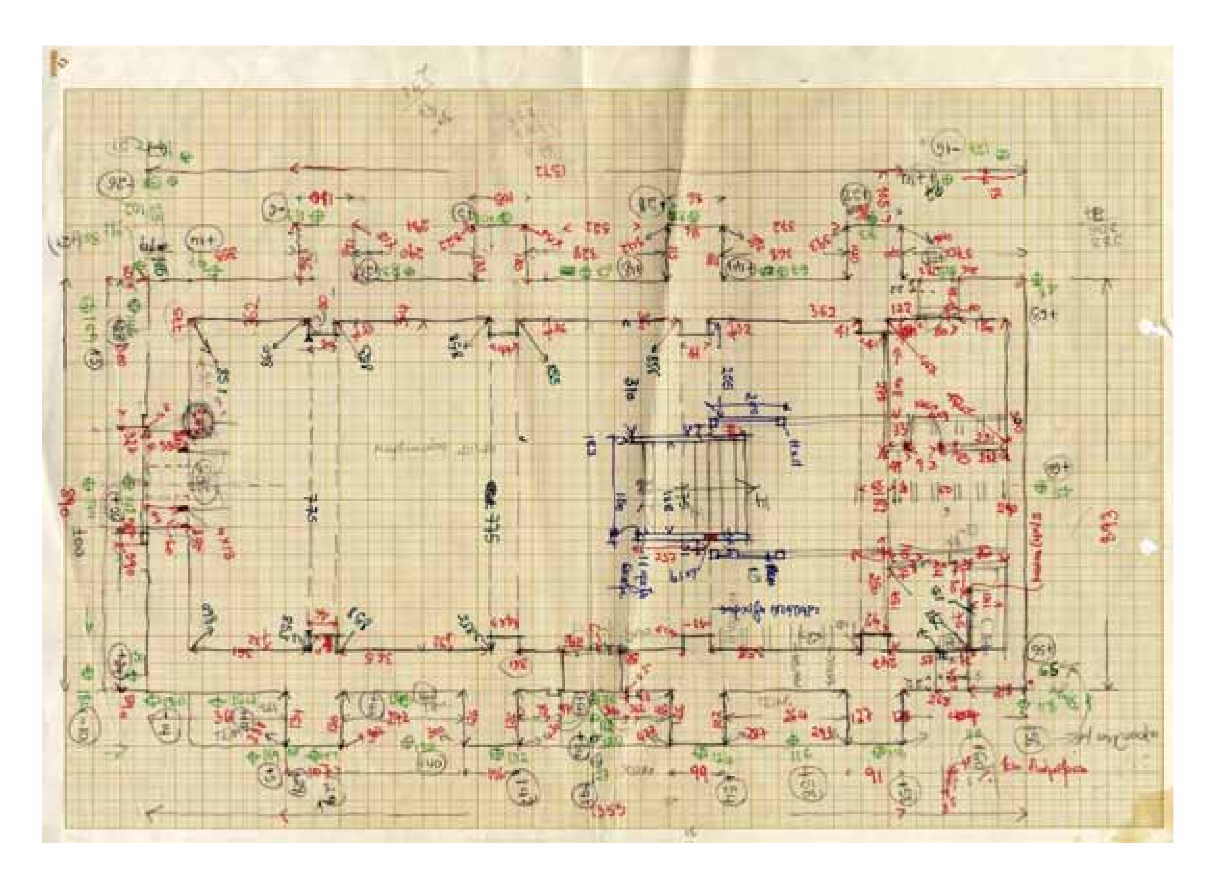
La mesure des dimensions requiert de la précision et au moins deux personnes

Pendant l'étude graphique, l'architecte étudie et cherche à obtenir une connaissance profonde du bâtiment, de sa structure architecturale, des détails et des caractéristiques, des matériaux, des techniques de construction, des interventions préalables, ainsi que des problèmes possibles (lésions, variations, humidité, etc.).

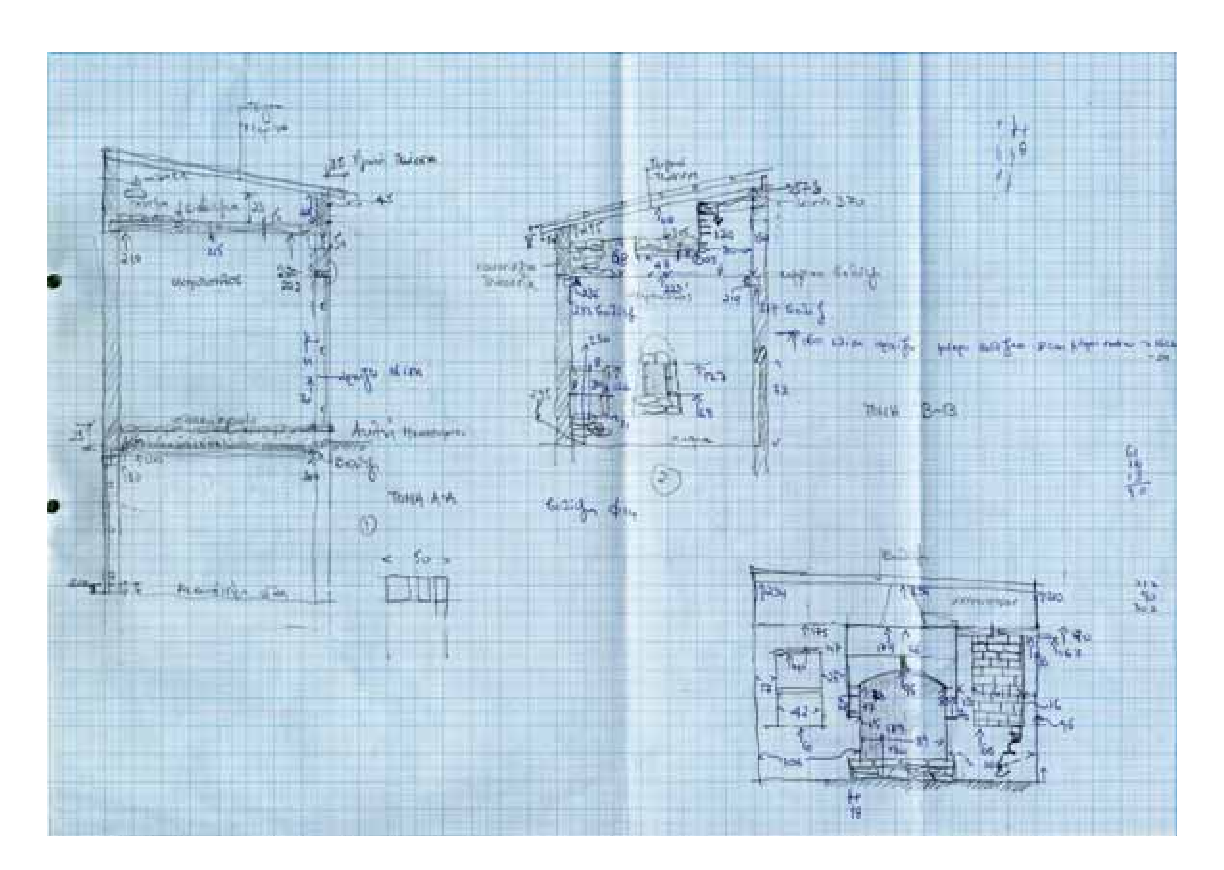
Des plans détaillés sont réalisés afin de représenter les éléments uniques, par exemple un détail de porte, une fenêtre, un plafond décoré, une construction en bois.

L'étude graphique est complétée par les annotations sur les plans –qui visent à expliquer des détails qui ne sont pas représentés dans les plans (par exemple des couches de plâtre ou de couleurs) ou des éléments conservant la mémoire– de même que par une bonne documentation photographique.

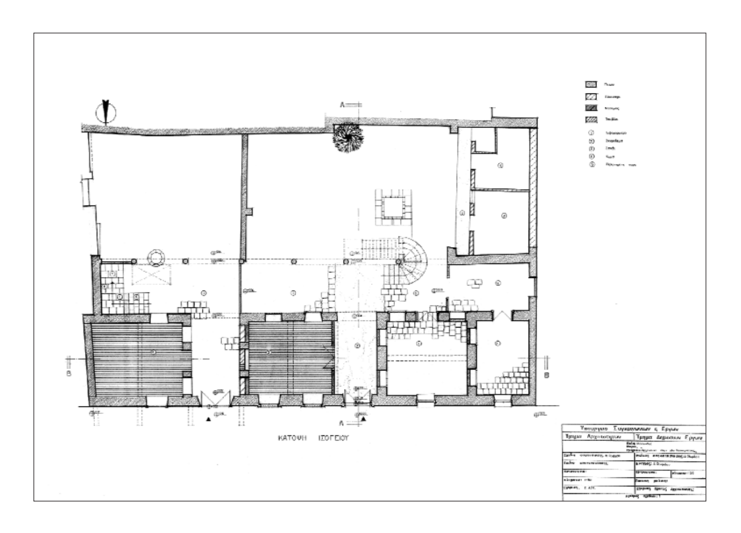
Le résultat final, une étude graphique complète, précise et détaillée, aide non seulement l'étude globale ainsi que l'analyse du bâtiment, mais il participe aussi à la formulation de la proposition adéquate pour apporter des réponses adéquates aux zones problématiques, telles que la restauration des dommages, le replâtrage et la remise en place des éléments architecturaux. En dernier lieu, l'étude graphique aide à réaliser les modifications ou les additions correctes, dans l'esprit de la préservation du patrimoine architectural, mais aussi pour apporter des réponses *ad hoc* aux besoins fonctionnels contemporains.



Croquis initial avec les dimensions précises



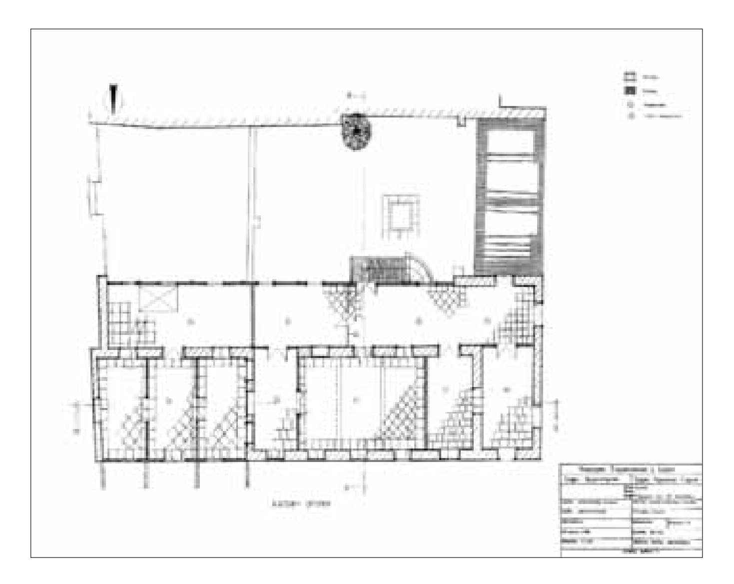
Croquis initial et détails avec des annotations utiles



Vue de plan du rez-de-chaussée.



Façade du bâtiment



Vue de plan du premier étage

Élévation sud



Coupes



Élévation nord

L'analyse stratigraphique de l'architecture et son application à l'architecture traditionnelle

Camilla MILETO
Docteur architecte
Professeur au Département de Composition architecturale
à l'École technique supérieure d'Architecture de Valence
(Université polytechnique de Valence), Espagne

L'analyse stratigraphique de l'architecture

L'analyse stratigraphique appliquée à l'architecture, au travers des empreintes matérielles inscrites dans les maçonneries, permet de documenter et d'étudier les différentes périodes constructives de l'histoire du bâtiment. Le processus constructif, avec ses différentes actions de construction, de démolition ou de transformation, laisse une série de traces reconnaissables par des yeux entraînés à les identifier et à les comprendre. En même temps que l'étude stratigraphique de l'architecture permet de reconnaître les différentes phases constructives, elle favorise aussi la connaissance ainsi que la reconnaissance des matériaux et des techniques constructives employés dans l'architecture.
L'analyse stratigraphique est née comme une méthode d'excavation et d'étude des gisements archéologiques et elle s'applique à l'étude de l'architecture historique depuis une vingtaine d'années. Son développement dans le monde de l'archéologie est basé sur le concept de stratification, né dans le domaine de la géologie comme superposition de strates de terrain naturel (stratification géologique). Grâce à des investigations de grande envergure telles que celles de Harris (1979) ou de Carandini (1981), on a pu définir et codifier l'étude stratigraphique de la stratification archéologique, comprise comme étant la superposition de strates d'origine anthropique dans un gisement archéologique.
À la fin des années 80, quelques architectes qui s'occupaient de restauration architecturale (et tout particulièrement Doglioni et Parenti) ainsi que quelques archéologues qui s'occupaient d'architecture (Brogiolo, Francovich, etc.) se rendirent compte du potentiel que ce type d'étude pourrait avoir dans la documentation et l'interprétation de l'architecture historique, objet de la restauration. De fait, dans la majorité des cas, l'architecture historique se caractérise par sa complexité due à la quantité d'interventions différentes qu'elle a subies au cours de sa vie. Grâce à cette caractéristique de mutabilité que possède l'architecture historique, il est possible d'établir un parallèle entre la stratification archéologique et la stratification architecturale dans laquelle chaque strate s'identifie avec une action de construction, de démolition ou de transformation différente.

Méthode et application

L'application de la méthode de l'analyse stratigraphique à l'architecture utilise un ensemble de concepts fondamentaux de



Stratification architecturale : ensemble de strates et d'interfaces.

l'archéologie stratigraphique et les adapte à l'étude des constructions architecturales. Toutefois, la complexité de l'architecture et sa particularité obligent à prêter une attention toute spéciale aux techniques constructives ainsi qu'aux processus de sa construction comme éléments de base permettant de comprendre et d'interpréter l'architecture du point de vue de son évolution et de sa modification.
La stratification architecturale est l'ensemble des phases constructives et des périodes d'usage d'un bâtiment au cours de son histoire. Les phases constructives se caractérisent par des actions positives de construction, des actions négatives de démolition et des actions de transformation qui modifient ce qui existe. Les périodes d'usage qui s'interposent entre les phases constructives successives se caractérisent par la détérioration anthropique due à l'usage du bâtiment ainsi que par la détérioration naturelle due à l'action des agents atmosphériques.
La stratification architecturale se manifeste par un ensemble de strates, c'est-à-dire par des parties rémanentes des différentes actions d'apport qui se sont produites tout au long de l'histoire du bâtiment ainsi que des interfaces négatives qui sont les traces des démolitions. Dans le cas de l'architecture, la strate peut être une fondation, un mur, un plancher, une couverture, un badigeon, etc. Chaque fois que l'on a construit une partie du bâtiment, on a apporté une strate avec les caractéristiques qui la définissent : un corps de strate (la masse de la strate) et des superficies qui la délimitent. Dans le cas de l'architecture, les superficies constituent

souvent la seule partie visible de la strate (les deux faces d'un mur, la superficie d'un badigeon, etc.) et, par conséquent, la seule partie que l'on peut documenter et étudier. En outre, les superficies conservent souvent d'importantes informations quant à l'intention décorative ou de finitions de l'architecture, ou encore quant à l'usage qui en était fait.

Une première différence importante entre la stratification archéologique et la stratification architecturale est le sens du dépôt des strates. Dans le cas du gisement archéologique, les strates ont été déposées selon les lois de la gravité en s'appuyant sur les strates plus anciennes de telle manière que la strate supérieure est plus récente que la strate inférieure. Dans le cas de la stratification architecturale, cependant, les strates se déposent dans toutes les directions en créant de plus grandes difficultés pour l'interprétation de l'ordre du dépôt.

Il y a une deuxième différence fondamentale quant à l'application de la méthode dans le domaine archéologique et dans le domaine de l'architecture. L'investigation archéologique envisage l'élimination progressive (excavation) des strates présentes dans un gisement étant donné que chaque strate se superpose horizontalement sur la strate inférieure et plus ancienne, en la cachant complètement. Dans le cas de l'architecture, au contraire, la méthode stratigraphique recherche la stratification qui s'est faite depuis la cote du terrain vers le haut, c'est-à-dire dans tout le bâtiment qui demeure debout. Dans ce cas, en général, on n'envisage pas l'élimination des strates puisque chacune d'entre elles fait partie du bâtiment existant et constitue une partie de l'intégralité de celui-ci, de ses structures, de ses finitions, de ses espaces, etc.

L'unité stratigraphique est le terme général qui recouvre les strates et les interfaces négatives. Dans le cas de l'architecture, on peut définir l'unité stratigraphique constructive comme une zone homogène, réalisée selon une unique volonté constructive de construction, de démolition ou de transformation. Les unités stratigraphiques se distinguent entre elles par les matériaux et les techniques constructives, par la couleur, la composition, les finitions, le travail superficiel, etc.

L'unité stratigraphique est délimitée par un périmètre qui la sépare des autres unités stratigraphiques proches. C'est dans ce périmètre que l'on peut identifier les relations existant entre les différentes unités stratigraphiques adjacentes. Les relations stratigraphiques se reconnaissent dans le type de relation de deux unités qui se touchent entre elles.

Les relations stratigraphiques peuvent être de *contemporanéité* (deux unités construites ou réalisées dans le même chantier de construction) ou *d'antériorité / postériorité* (deux unités construites ou réalisées dans deux phases constructives successives). Les relations de contemporanéité sont : *est lié* à (dans le cas de deux unités qui ont été réalisées conjointement, par exemple deux murs liés entre eux) et *égal à* (dans le cas de deux



Unités stratigraphiques dans le pont de la Pobleta de San Miguel (Villafranca del Cid, province de Castellón, Espagne). Chaque unité stratigraphique se distingue par la technique constructive employée.



Relation stratigraphique se lie à (le mur de pierre sèche se lie à la partie supérieure construite à la même époque).



Relation stratigraphique *s'adosse à / est adossé par* (le mur de droite s'adosse au mur de gauche).

unités qui ont été réalisées en même temps mais qui n'établissent pas un contact physique entre elles, par exemple une série de fenêtres toutes identiques insérées en un même moment dans un mur préexistant). Les relations d'antériorité / postériorité sont : *s'adosse à / est adossé par* (où l'unité qui s'adosse est postérieure à l'unité à laquelle elle s'adosse, par exemple un mur qui s'adosse à un autre mur est postérieur à celui-ci) ; *couvre / est ouvert par* (où l'unité qui couvre est postérieure à celle que est couverte, par exemple un badigeon qui couvre un mur est postérieur à celui-ci) ; *coupe / est coupé par* (où l'unité qui est coupée est antérieure à l'unité ou interface qui coupe, par exemple l'action de démolition est postérieure au mur que l'on démolit) ; *remplit / est rempli par* (où l'unité qui remplit est postérieure à celle qui est remplie, par exemple l'obstruction d'une fenêtre est postérieure à la fenêtre elle-même).

Après avoir identifié les relations stratigraphiques entre les différentes unités, on établit la séquence stratigraphique dans laquelle seront ordonnées les unités depuis la plus ancienne jusqu'à la plus récente. L'outil que l'on utilise pour ordonner la séquence stratigraphique est le *Matrix Harris*, une matrice inventée par l'archéologue nord-américain Edward C. Harris qui permet d'ordonner de manière méthodique toutes les unités qui peuvent facilement atteindre plusieurs milliers dans le cas d'une étude stratigraphique de l'architecture.

L'étude stratigraphique donne toujours une chronologie relative dans laquelle les unités sont entre elles dans une relation d'avant et après. De cette manière, l'étude stratigraphique d'une architecture fournira une séquence d'unités ordonnées entre elles de la plus ancienne à la plus récente. Cette séquence d'unités peut être périodisée, c'est-à-dire divisée entre différentes périodes qui correspondent, dans le cas de l'architecture, aux différentes périodes constructives de l'histoire du bâtiment. Cette périodisation se base sur la possibilité d'ordonner de manière



Relation stratigraphique coupe / est coupé par (le mur est coupé pour insérer la gouttière).



Relation stratigraphique *couvre / est couvert par* (le badigeon couvre le mur).



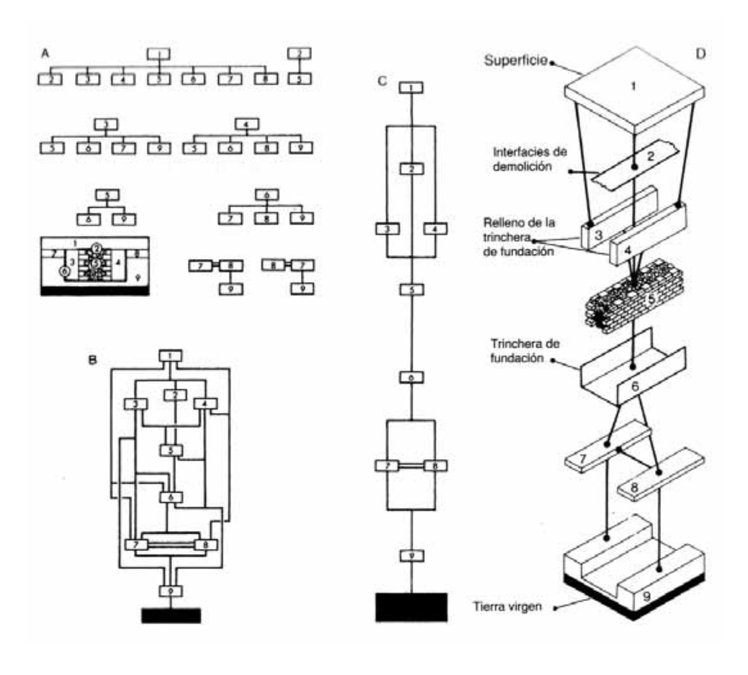
Relation stratigraphique *remplit / est rempli par* (le pisé remplit l'arc).

logique les différentes interventions au sein de la séquence : par exemple, la construction d'un plancher et sa démolition postérieure pour des raisons évidentes appartiennent à deux périodes constructives différentes et successives et, par conséquent, les unités stratigraphiques en rapport avec ces interventions pourront être placées dans les périodes correspondantes.

La séquence stratigraphique ne fournit pas une chronologie absolue, c'est-à-dire une chronologie basée sur des dates historiques concrètes. Pour pouvoir associer une date concrète aux périodes constructives identifiées à l'aide de la périodisation de la séquence, il faut avoir recours à l'information provenant d'autres domaines ou d'autres méthodes d'investigation : des études historico-documentaires, la chronotypologie, la *mensiocronologia* (datation des briques à partir de l'analyse statistique de leurs mesures), les techniques de datation de type archéométrique, etc.

Étude stratigraphique de l'architecture et techniques constructives

Le succès de l'étude stratigraphique de l'architecture est fortement lié à la connaissance des matériaux et des techniques constructives. Le processus de construction comporte la formation d'un ensemble de traces dues aux différentes actions qui sont réalisées et il est nécessaire de connaître en profondeur les modalités de construction, ou stratification, pour pouvoir identifier correctement les différentes phases constructives. Les matériaux et les techniques constructives se mettent en rapport de manière spécifique selon la mise en œuvre et les outils de travail qui ne laissent de traces interprétables que si on les connaît auparavant.



Construction du diagramme stratigraphique ou *Matrix Harris* (dessin extrait de E. C. Harris, 1991).

Les maçonneries architecturales ont un potentiel de formation de traces stratigraphiques différent en fonction du type de matériau employé. Le mortier, les badigeons, les pisés, les maçonneries de brique, les maçonneries ou les ouvrages en pierre de taille, les dallages de céramique, et toutes les techniques constructives qui prévoient l'emploi de matériaux humides (matériaux qui acquièrent de la force au moment de leur prise) créent une strate compacte et continue qui génère, au moment où elle se rompt, une cicatrice que l'on pourra difficilement dissimuler comme dans le cas d'un sceau de laque. En outre, les matériaux humides s'adossent à des éléments préexistants en s'adaptant à leur forme comme un calque, de telle manière qu'il est toujours possible de distinguer entre l'élément préexistant et le calque superposé et postérieur. Grâce à ces deux propriétés, on pourra distinguer dans la majorité des cas la partie de mur qui a été construite avant (le mortier du mur construit après vient se façonner sur le mur préexistant), identifier les démolitions et les reconstructions, ainsi que l'insertion d'éléments postérieurs, etc.

Plus complexe est la possibilité d'interpréter les phases constructives dans les matériaux secs (bois, canne, chaume, pierre sèche, etc.), c'est-à-dire des techniques constructives qui ne nécessitent pas pour leur construction l'aide du mortier et qui sont basées sur la juxtaposition ou la connexion de pièces entre elles. Dans ces cas-là, l'absence de mortier en tant que matériau de scellement (qui s'adapte à l'élément préexistant) implique que les pièces peuvent être déplacées ou substituées sans laisser de traces claires de ce déplacement ou de cette substitution. On rencontre souvent des cas dans lesquels un élément de bois, par exemple une solive ou une planche d'une couverture, a été substitué sans laisser de trace dans les éléments proches qui ont pu être démontés puis remontés avec facilité dans la même position. Pour identifier la substitution de la pièce, on doit alors avoir recours à d'autres observations qui emploient des méthodes non seulement stratigraphiques mais aussi chronotypologiques, liées au type de matériau, de traitement superficiel, de taille de l'élément, de forme de celui-ci, etc. Dans la plupart des cas, les relations stratigraphiques des matériaux secs peuvent être établies grâce au point de contact avec un matériau humide : l'insertion ou la démolition d'un plancher ou d'une couverture dans la plupart des cas peut être lue au point de contact avec la maçonnerie (la formation du trou dans le mur est-elle contemporaine ou postérieure à celui-ci ?), l'insertion ou la transformation d'une menuiserie peut aussi être comprise grâce à l'observation de la maçonnerie dans laquelle elle s'insère, etc.

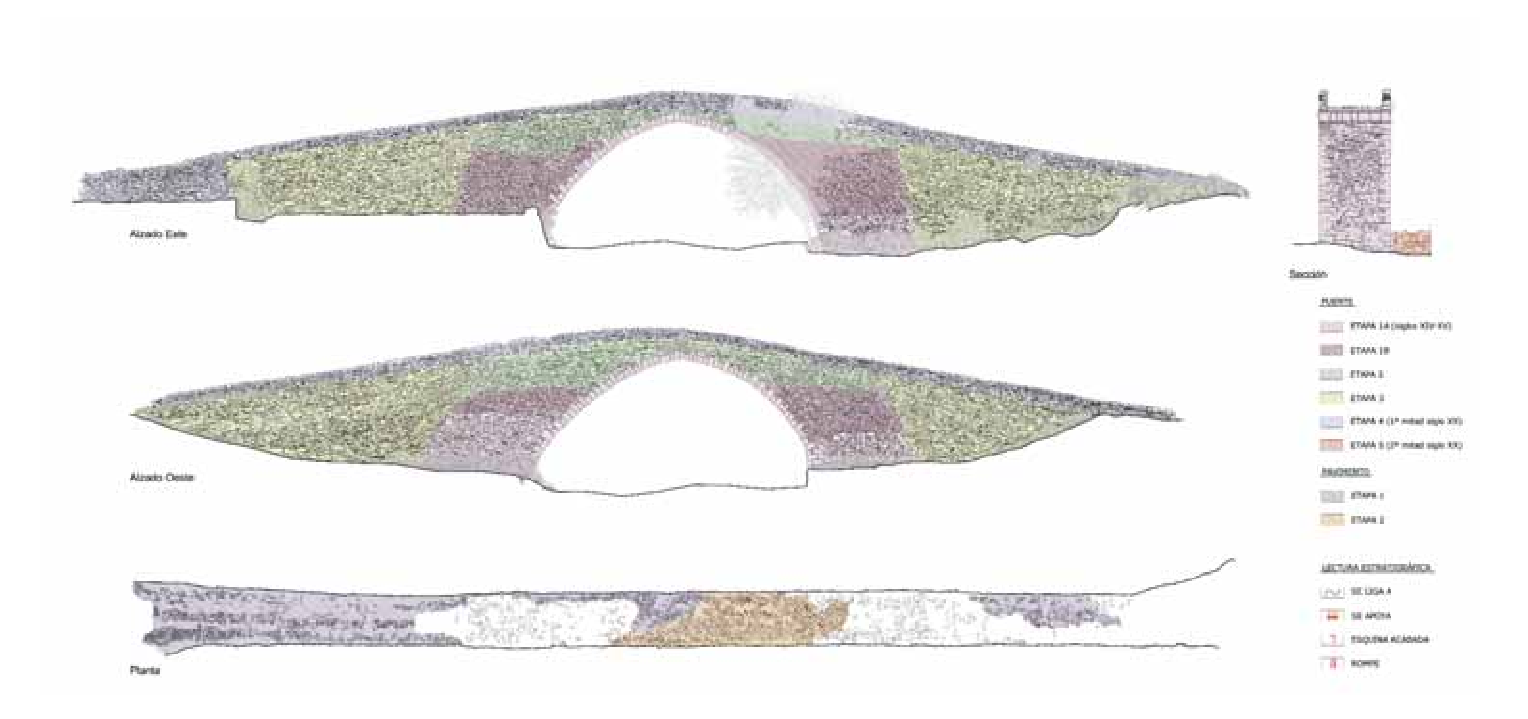
Par conséquent, le rôle fondamental que le mortier et les autres matériaux humides jouent dans la possibilité d'interpréter correctement la stratification architecturale est donc évident. L'élimination, la substitution ou la manipulation du mortier dans ses différentes formes (joints, badigeons, crépis, couches de régularisation, pisés, etc.) modifie au moins partiellement la possibilité d'interpréter correctement la stratification architecturale. Par exemple, le rejointoiement complet d'une maçonnerie entraîne l'élimination des relations stratigraphiques entre les éléments céramiques ou pierreux qui la composent, alors que l'on peut tenter de répondre aux nécessités de conservation de la maçonnerie grâce à un rejointoiement sélectif qui n'apporte du matériau que là où cela est véritablement nécessaire sans éliminer le joint existant. Cette observation ouvre le chemin à la réflexion sur la relation entre l'étude stratigraphique de l'architecture et le projet de restauration architecturale.

Étude stratigraphique et projet de restauration

En premier lieu, l'intérêt qu'une étude stratigraphique peut avoir par rapport à la connaissance qu'elle peut apporter du bâtiment étudié est évident. La réalisation d'une étude stratigraphique soignée du bâtiment peut mener à dévoiler une quantité d'informations sur son histoire matérielle, en général beaucoup plus vaste, beaucoup plus détaillée et beaucoup plus véridique que l'histoire documentaire. La connaissance profonde de l'histoire matérielle du bâtiment peut en outre permettre d'établir d'importantes relations avec d'autres aspects des études préalables telles que l'étude des pathologies des matériaux et des structures, l'étude du cadre de fissures et l'analyse des charges. Dans de nombreux cas, de fait, les pathologies ou les problèmes structuraux sont déterminés par l'histoire même du bâtiment, par l'usage qui en a été fait ou par les charges qui ont changées au cours de la vie de la structure. La stratigraphie de l'architecture fournit par conséquent un ensemble d'informations qui peuvent être mises au service de l'étude globale du bâtiment.

La stratigraphie architecturale joue, de plus, un rôle important dans le développement du projet de restauration. Elle enseigne en effet les modalités de la stratification des matériaux et présente les traces que les interventions historiques ont gravées dans la matière. Le projet de restauration qui prétend conserver la matérialité de l'architecture historique peut utiliser les modalités stratigraphiques pour se superposer aux éléments préexistants et se stratifier comme une phase de plus de la complexe existence du bâtiment sans effacer les traces des phases précédentes.

La connaissance des modalités stratigraphiques permet, d'une part, d'identifier les points et traces clés de l'histoire du bâtiment que l'on devra protéger et conserver pendant la restauration et, d'autre part, de concevoir le projet de restauration comme une addition à l'histoire constructive du bâtiment. La restauration de cette manière commence à être comprise comme un ensemble



Plan d'hypothèses des périodes constructives du pont de la Pobleta de San Miguel (Villafranca del Cid, province de Castellón, Espagne).

d'actions qui ajoutent de l'histoire au bâtiment sans éliminer ni occulter l'histoire des étapes antérieures. La différence dans ce cas réside uniquement dans les modalités qui sont employées pour effectuer une même action : rejointoyer complètement une maçonnerie entraîne la perte des informations stratigraphiques, alors que le rejointoiement sélectif appliqué seulement aux éléments nécessaires permet la conservation de la matière historique et l'accomplissement des objectifs de dignité, de conservation matérielle et d'efficience structurelle.
La pratique de la stratigraphie développe chez l'architecte qui sera l'auteur du projet un regard toujours plus sensible et attentif aux modalités de la construction, aux matériaux et aux techniques constructives, ainsi qu'aux traces des outils et instruments de finitions. Ce regard sensible à l'histoire matérielle apprécie les différences, la multiplicité des solutions constructives, la complexité de l'histoire, l'épreuve du temps qui vieillit les matériaux. Le projet de restauration bénéficie de cette sensibilité qui est capable de conserver la matière de l'architecture comme garante de l'histoire, gardienne de la mémoire, et témoin du passage du temps.

L'application à l'architecture traditionnelle

Les réflexions faites ci-dessus peuvent s'appliquer parfaitement au cas de l'architecture traditionnelle, dans laquelle l'histoire matérielle n'est pas moins importante ou intéressante que dans le cas des bâtiments monumentaux. En outre, dans le cas des bâtiments traditionnels et vernaculaires, l'étude matérielle est habituellement la seule possibilité qui existe pour découvrir l'histoire du bâtiment qui est rarement présente dans les histoires écrites. Dans l'architecture traditionnelle, on pourra difficilement parvenir à une hypothèse des phases constructives du bâtiment selon une chronologie absolue et, cependant, on pourra identifier les phases de l'histoire matérielle et des différentes périodes d'usage du bâtiment. Les années d'occupation du bâtiment traditionnel dans de nombreux cas peuvent se compter dans les couches de chaulage périodique stratifiées sur ses murs.
Il y a par ailleurs d'autres particularités à prendre en compte dans la réalisation de l'étude stratigraphique des architectures vernaculaires. En premier lieu, il existe dans l'architecture traditionnelle une certaine tendance à la continuité des techniques et des modalités constructives due à la relation spécifique qui lie l'architecture traditionnelle aux matériaux du lieu, au paysage et au climat, enfin, à la culture locale. Cette continuité rend plus difficile l'identification des différentes phases constructives qui se caractérisent souvent par l'usage des mêmes matériaux et des mêmes techniques durant de longues périodes de l'histoire. Dans ces cas-là, où les appareils, les pierres, les finitions, etc. montrent une tendance à l'homogénéité et à la continuité, l'observation des mortiers et de leurs relations stratigraphiques peut aider à



Le mortier montre clairement l'insertion de la fenêtre dans un mur préexistant.



Le mortier indique que le mur de gauche s'adosse au mur de droite.



Restauration d'un dallage avec des critères de distinction et, parallèlement, d'intégration parmi les éléments préexistants.



Pièces de bois d'un plafond à caissons réutilisées qui présentent deux types d'entailles différentes pour les appuis des *saetinos* (lattes de bois).



Planches d'un plafond à caissons polychrome qui présentent une double couche de peinture et les traces de leurs différentes positions par rapport à leur position initiale.



La continuité dans les techniques constructives.

distinguer différentes périodes constructives. Il s'agit ainsi d'exercer la vue et de la « calibrer » en fonction des paramètres existants. Dans le cas de matériaux secs, très communs dans l'architecture traditionnelle (pierre sèche, bois, chaume, etc.) on doit aussi trouver les paramètres adéquats pour identifier les différences et les modalités de la stratification architecturale. La méthode de la stratigraphie de l'architecture est suffisamment flexible, ou doit être suffisamment flexible, pour pouvoir s'adapter aux différentes situations que l'on peut rencontrer par type de matériaux ou techniques utilisées.

En second lieu, dans l'architecture traditionnelle il existe une pratique diffuse d'entretien continu qui prévoit dans certains cas la substitution de parties entières de la construction, comme c'est le cas des couvertures végétales (bois, chaume, etc.). Cette pratique rend plus complexe l'identification exacte du nombre de fois que l'on a substitué l'élément. Dans ces cas-là, peut-être serait-il opportun d'assumer la substitution périodique comme un fait historique avant de tenter d'identifier le nombre de fois que l'on a répété cette substitution.

L'étude stratigraphique d'une architecture vernaculaire peut apporter tout un ensemble d'informations d'un grand intérêt pour la connaissance et la mise en valeur de ces architectures. Connaître en détail ses techniques constructives, son histoire, ses modalités d'usage et de détérioration favorise la compréhension de son existence et, par conséquent, sa protection et sa conservation. L'étude stratigraphique appliquée à une architecture traditionnelle, qui à première vue peut sembler exagérément complexe et coûteuse, peut être effectuée de manière correcte et rigoureuse avec peu d'efforts dans tous les cas où l'architecte, l'archéologue ou l'ingénieur auront une formation spécifique et un regard éduqué pour l'observation attentive de la matérialité de l'architecture. Il s'agit dans ces situations de créer chez l'observateur une mentalité stratigraphique qui puisse trouver les clés de l'histoire du bâtiment et développer le projet en maintenant une attitude de conservation des témoignages matériels de la culture traditionnelle.

L'étude de la couleur, première étape pour la réhabilitation d'une façade

Ramon GRAUS
Architecte
Professeur au Département de Composition architecturale de l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Cristina THIÓ
Licenciée en Beaux-arts
Restauratrice à CHROMA, entreprise spécialisée (Barcelone), Espagne

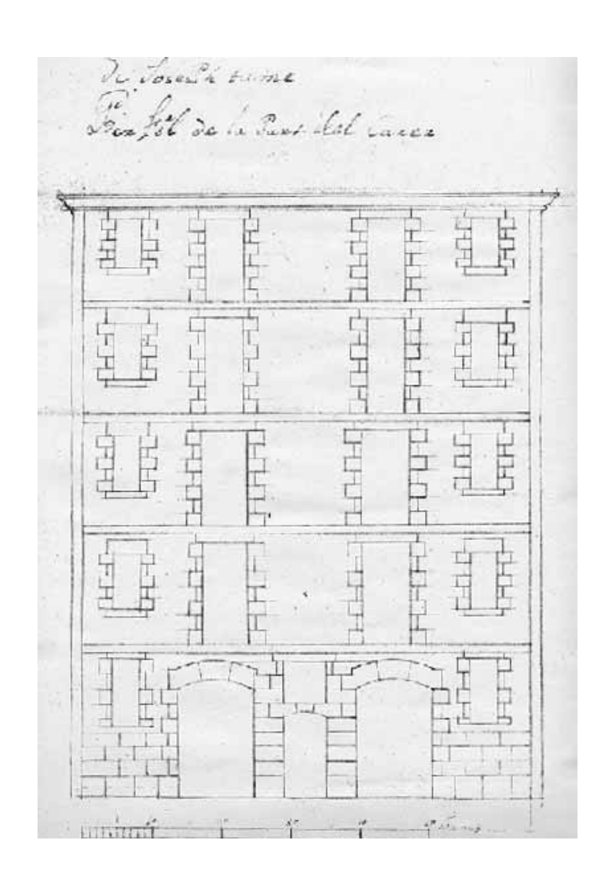
Bien que les guides touristiques insistent à nous présenter une architecture traditionnelle méditerranéenne de couleur blanche immaculée, ne nous y trompons pas, elle adopte aussi d'autres couleurs. Elle peut être blanche, comme en Andalousie en Espagne, parce qu'un roi en son temps l'ordonna ainsi par mesure d'hygiène, ou comme dans une maison du Maghreb dont les encadrements de la fenêtre ont été blanchis parce que son propriétaire, devenu *hadj*, est revenu de son pèlerinage à La Mecque, mais l'architecture de la Méditerranée est aussi bleue à Chaouen au Maroc, de couleurs intenses vertes, bleues et rouges à Burano en Italie, de couleur terre à Siwa en Égypte, ou encore de variétés de jaune en Toscane en Italie...
Il est vrai cependant que l'on ne peut pas la peindre de toutes les couleurs, parce que tous les pigments ne sont pas nécessairement aptes pour résister à l'intempérie et que, d'autre part, les pigments utilisés ont une palette très réduite qui résiste à l'action caustique de la chaux (les pigments doivent être très résistants en même temps à la lumière, à l'air et à la pollution). Seuls les pigments inorganiques (minéraux) sont capables de supporter l'humidité ainsi que les températures élevées. Dans le cadre de la tradition, on peut trouver par exemple l'*azulete* –sulfate de cuivre utilisé traditionnellement pour blanchir la lessive–, le blanc *de San Juan* –blanc de chaux–, le noir, l'ocre, la terre verte, etc.
La couleur des façades peut être déterminée par les caractéristiques propres du matériau de construction (la couleur du pisé, celle d'un grès, ou encore celle d'une brique) ou bien par une couche de revêtement de couleur (la couleur d'une peinture comme dans le cas de la technique de la fresque de chaux, de caséine, de la fresque pure ou *mezzo secco*, ou d'un stuc). On pourrait même se risquer à affirmer que, dans l'architecture, il y a








Gérone (Espagne), Agios Artemios (Grèce), Cagliari (Italie), Vic (Espagne), Lefkara (Chypre), Kairouan (Tunisie)



Élévation originale du XVIIIe siècle pour le permis de construire (Barcelone, Espagne).



Lumière rasante pour réaliser le balayage photographique de façades ayant des finitions en relief.

toujours de la couleur.

La couleur ennoblit l'architecture traditionnelle grâce aux changements de tons de ses parements mais aussi grâce à des fresques qui imitent les placages de marbre, rehaussent les ouvertures ou, dans certains cas, mettent l'accent sur les ordres, ou encore imitent les architectures cultes –les trompe-l'œil–, et permettent de distinguer une maison des maisons voisines ou de la fondre avec elles selon le contexte.

La logique de la couleur dans l'architecture traditionnelle ne suit pas exactement notre échelle de valeurs actuelles forgée sur la base de lectures ruskiniennes et violletiennes dans lesquelles la belle architecture est synonyme de vérité et de sincérité. Dans la société préindustrielle, le fait de revêtir un mur est une pratique habituelle qui le protège et l'ennoblit, ce que le professeur Paolo Marconi a appelé « la couche du sacrifice », c'est-à-dire une couche de protection du mur de brique, de pierre ou de pisé, qui est substituée sans problèmes de sincérité architecturale lorsqu'elle commence à se détériorer. Parallèlement, il s'agit d'une couche de couleur qui imite très souvent d'autres maçonneries, lorsque l'on repeint les pierres « de la couleur de la pierre », que l'on stuque en imitation d'une maçonnerie de pierre apparente sur un mur de brique, que l'on fait un stuc « marbré », etc.

Au moment de réhabiliter un bâtiment, il est indispensable de réaliser une étude chromatique avec une équipe qui soit la plus multidisciplinaire possible (architectes, historiens, conservateurs-restaurateurs, géologues, chimistes, photographes, etc.). Cette étude doit suivre une méthodologie déterminée qui devra être ajustée aux valeurs patrimoniales du bâtiment ainsi qu'aux possibilités économiques de l'intervention. Il faudra donc :

1. Envisager une étude historique qui permette d'apporter l'information nécessaire pour comprendre les caractéristiques ainsi que les particularités de chaque construction (voir le chapitre des études historiques dans ce même ouvrage) ;
2. Faire un examen scientifique dont l'objectif sera de déterminer avec précision les matériaux constitutifs du bâtiment ainsi que les techniques d'élaboration, de diagnostiquer les altérations ainsi que leurs causes, de sélectionner les méthodes de conservation les plus adéquates, aussi bien de prévention que de restauration ainsi que les produits idoines pour l'intervention. On commencera par un examen oculaire ou organoleptique (matériaux, techniques, mesures, aspects, possibles interventions, additions ou altérations) du bâtiment ;
3. Réaliser un balayage photographique après avoir monté l'échafaudage. Le recours à la photographie est très important pour documenter les bâtiments[1] ;
4. Réaliser une étude architecturale du bâtiment : prise de

mesures ; dessin des élévations ainsi que des sections pour obtenir le corps graphique nécessaire permettant la représentation des pathologies et de l'état des couches de surface (voir le chapitre des relevés géométriques dans ce même ouvrage) ;

5. Faire faire un balayage de tests de nettoyage par une équipe de conservateurs-restaurateurs afin de vérifier ce qui se cache sous les couches superficielles polluées, d'un côté, et de reconnaître les matériaux ainsi que les techniques utilisées de même que l'état de conservation de ces matériaux, de l'autre. Pour ce processus, on utilise des méthodes mécaniques –bistouris et brosses– et chimiques –dissolvants et tampons ;
6. Prendre des échantillons et effectuer des analyses microchimiques pour identifier les pigments (qui ont été étudiés pour l'essentiel avec la méthode de la goutte depuis le début du XIXe siècle) et des analyses chimiques dans le but de déterminer la nature, la composition ainsi que les qualités d'une substance déterminée ;
7. Adopter des critères (modèles d'intervention) rigoureux quant à l'observation afin de sauvegarder l'intégrité de la valeur culturelle des bâtiments. Sans des positionnements théoriques et une connaissance du chantier, comme matière et comme image, toute intervention peut être exposée à des erreurs, en dépit des techniques et des produits les plus modernes.

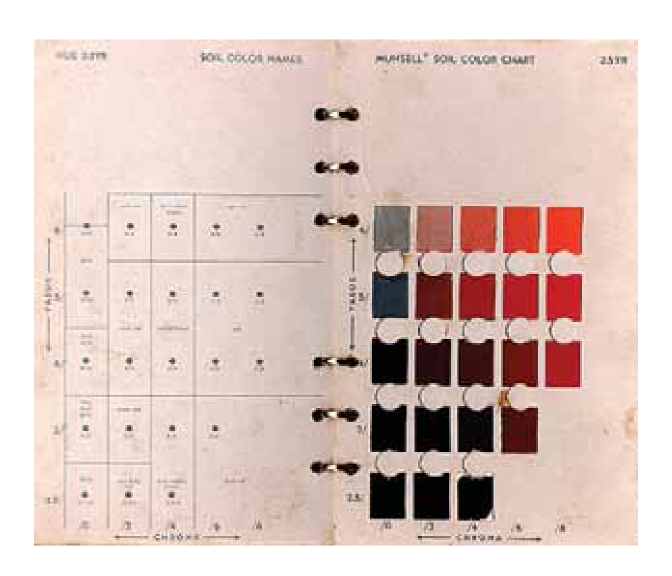
Pour aider à définir la couleur d'une façade, il est nécessaire de s'aider des tests de nettoyage. Une fois ces tests réalisés, on peut observer la couleur qui se trouve sous la saleté et découvrir le pigment ainsi que le vieillissement dont il peut avoir souffert du fait de la pollution, de l'humidité et de l'écoulement du temps. C'est de cette manière que l'on peut déduire la couleur originale. Avec cette méthode, les analyses que nous venons de mentionner et la méthode Munsell (sur laquelle nous reviendrons un peu plus tard), on est en mesure de déterminer avec beaucoup de précision la ou les couleurs originales de la façade au moment où a été construit le bâtiment.

Au moment de faire le rapport de couleur, il est nécessaire de tenir compte de tous ces facteurs parce qu'ils aideront aussi à reconnaître les matériaux et les techniques utilisées ; une étude organoleptique n'étant pas toujours suffisante pour parvenir à des conclusions totalement sûres.

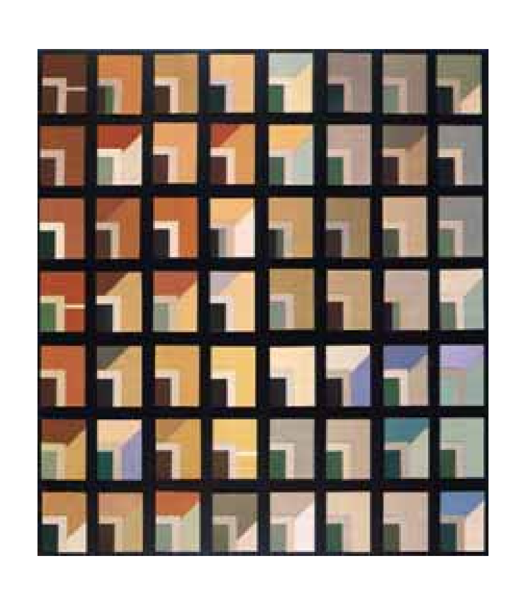
Il est absolument nécessaire de vérifier le revêtement extérieur du bâtiment, qui lui donne sa présence et son caractère. Ainsi, l'étude de couleur d'une façade tente de répondre, parmi de nombreuses autres, aux questions suivantes : De quelle(s) couleur(s) est la façade actuellement ? Comment les couleurs ont-elles été combinées entre elles ? Se peut-il que le bâtiment ait été d'une autre couleur auparavant ? La couleur de la façade est-elle cohérente avec le style architectural de celle-ci ? Y a-t-il des zones repeintes, partiellement ou totalement, dans les éléments qui composent la façade ?



Détail des éléments qui constituent la façade originale.



Munsell Soil Color Chart.



Combinaisons de couleurs (fond, encadrement, fenêtre) du plan de couleurs de l’Eixample à Barcelone (Espagne).



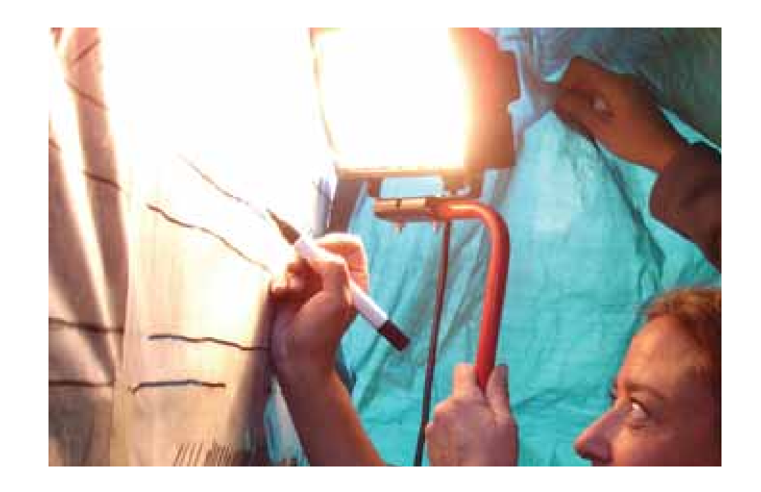
Approche stratigraphique.



Couche de nettoyage de la façade.



Test de couleur.



Calquage de motifs graphiques pour la préparation de modèles.

Nommer la couleur

À la première question, on peut répondre en donnant le nom d'une couleur, par exemple rouge. Mais nous sommes tous conscients du fait qu'il existe différents rouges. On pourrait mieux préciser et l'appeler rouge cadmium, en faisant référence par conséquent à un oxyde concret, mais il pourrait être plus ou moins dilué.

C'est pour cette raison qu'il est indispensable d'utiliser une méthode permettant de fixer plus précisément la référence d'une couleur. Ici, nous allons utiliser une méthode peu sophistiquée ; en effet, nous n'aurons pas recours à des essais propres de la restauration de monuments tels que l'usage de colorimètres ou l'analyse d'échantillons en laboratoire pour la détermination de la couleur, nous proposons simplement une analyse optique par comparaison avec un atlas Munsell. Le système Munsell est basé sur la reconnaissance d'une couleur en s'appuyant sur la perception visuelle par l'œil humain de petites différences de couleur sur un catalogue d'échantillons séparés par des intervalles colorimétriques équivalents.

Le système Munsell[2] part du principe qu'une couleur peut être définie par trois attributs :

- Le ton (*Hue*) : attribut de la perception selon lequel un objet devient vert, rouge, etc. ;
- La luminosité, ou valeur (*Value*) : attribut de la perception selon lequel un objet est plus ou moins obscur ;
- La saturation (*Chroma*) ; attribut de la perception selon lequel un objet contient un degré déterminé de pureté de couleur par rapport à son degré de clarté.

Pour déterminer la couleur d'une façade, la procédure correcte consisterait à isoler sur le mur la couleur à étudier à l'aide d'une superficie de gris neutre –de ceux que l'on utilise en photographie–, pour éviter les distorsions de couleurs proches, et rechercher dans la charte par comparaison jusqu'à ce que l'on ait trouvé la couleur la plus proche. En opérant de cette manière, on pourrait appeler notre rouge 2.5YR 6/8 (*Hue/Value/Chroma*).

En réalité, il existe deux chartes de couleurs Munsell : la *Munsell Soil Color Chart*, que l'on utilise en général pour comparer des tons mats ; alors que la *Munsell Book of Color – Glossy Finish Collection* sert à comparer les tons plus brillants.

Combiner les couleurs

En général, la façade n'est pas peinte d'une seule couleur, et l'on aura utilisé diverses couleurs pour rehausser une composition de ses éléments. Par conséquent, les couleurs seront combinées sur la façade avec une certaine logique qu'il est nécessaire d'étudier.

Une première liste d'éléments d'une façade à reconnaître pourrait être :

Façade	Fond
	Reliefs
	Corniches
	Bandes
	Pilastres
	Soubassements
	Auvents
Ouvertures	Encadrements
	Piédroits
	Rebords
	Arcades
	Moulures
	Chapiteaux
	Balustrades
	Balcons
	Sous-balcons
Menuiseries	Cadres
	Fenêtres
	Balcons
	Tribunes
	Portes
	Persiennes
Ferronneries	Rampes, balustrades
	Grilles
	Ferrures de menuiseries

Il faut aussi tenir compte du fait que l'on peut trouver, dans certaines façades, des représentations ou des ornementations peintes à fresque ou faites en sgraffites qui doivent être documentées –calquées, étudiées du point de vue iconographique– pour pouvoir être récupérées si le projet le décide dans ce sens. De la même manière, la couleur peut être donnée par l'usage d'azulejos, de *terracotta* (terre cuite), de bas-reliefs de stuc ou de pierre, qui devront aussi être étudiés.

Pour parvenir à des conclusions fiables sur le type de couleur utilisé pour chaque élément, on devra connaître les différentes périodes artistiques de l'histoire de l'art ainsi que la combinaison de couleurs que l'on utilisait le plus à chaque époque.

Une histoire de couches de couleur

Toutefois, on sait aussi que la couleur dans les façades vieillit et que, selon le pigment utilisé, le soleil peut l'avoir dégradée, l'eau de pluie peut l'avoir délavée et la pollution urbaine peut l'avoir obscurcie –par exemple, le blanc de plomb vire au noir avec la pollution– ou virée –pas nécessairement cependant vers une tonalité plus sombre–. En conséquence, pour connaître la couleur

originale de la façade, on doit effectuer une comparaison dans les points où la couleur aura été maintenue avec une altération minimum, par exemple : juste en-dessous des balcons ; dans les retours de piédroits et de linteaux ; dans la partie inférieure des corniches ; etc.
D'autre part, on sait aussi que, du fait de la faiblesse de la peinture elle-même, le bâtiment aura été repeint avec le temps. On aura probablement repeint plusieurs fois les points facilement accessibles, par exemple les étages inférieurs.
Si l'on parvient avec un bistouri à faire tomber les différentes couches de peinture, on doit tenter de les documenter toutes, non



La texture de la superficie ou l'incidence des rayons solaires modifie la perception de la couleur d'une façade (Arbúcies, Espagne).



Façade dont les effritements permettent de découvrir les changements de couleur du bâtiment en fonction des goûts des différentes époques (Nicosie, Chypre).

seulement pour reconnaître la première couche mais aussi pour comprendre la raison d'être de chaque couleur à chaque époque. Si le bâtiment présente une combinaison de couleurs, on doit tenter de mettre en rapport chaque couleur avec la combinaison de la même époque.
En dépouillant couche par couche la surface peinte, on découvrira la couleur originale de la façade. On devra alors considérer, d'un côté, si la couleur que l'on souhaite récupérer est bien la couleur originale ou si, d'un autre côté –avec la découverte des différentes couches de peinture que donne cette exfoliation–, la façade a subi un ou plusieurs repeints d'une bien meilleure qualité que la peinture originale. Il faudra donc décider, après une étude approfondie des différentes couches de couleur du bâtiment, la couche que l'on souhaitera sauvegarder ou restaurer : s'il s'agit de la plus ancienne ou bien de celle qui présente la meilleure qualité. Par ailleurs, il faudra aussi vérifier si elle est conforme au style du bâtiment. Enfin, on devra considérer que l'on ne pourra pas « ôter » à la couleur que l'on récupérera ni son vieillissement ni les virages dont elle aura pu souffrir aussi bien du fait de la pollution et de l'humidité que de l'écoulement du temps.
L'objectif de la restauration ne devra pas être toujours, nécessairement, de rendre la façade dans l'état qu'elle avait initialement. Dans la phase du projet, on devra décider s'il s'agit de récupérer son aspect original ou de revitaliser son moment de meilleure qualité. En outre, il faut insister sur le fait qu'à notre avis permettre d'observer l'évolution et les changements qui se sont produits dans la façade offre davantage de valeur et d'authenticité au bâtiment restauré en même temps que cela permet une information vivante du devenir historique et artistique de l'urbanisme.

L'influence de la texture sur la couleur

Lorsque la lumière du soleil tombe sur une superficie plane de couleur, une partie de celle-ci est absorbée et le reste est reflété. C'est précisément cette partie reflétée que l'œil perçoit comme une couleur. Cependant, lorsque la superficie est rugueuse, il se produit des ombres dans ses micropores et la lumière reflétée est moindre, et l'œil perçoit alors une autre couleur.
Par conséquent, une couleur de façade est intimement liée à la technique avec laquelle elle a été étendue et avec son support. C'est pour cette raison que, par exemple, la même couleur dans un stuc lisse semblera plus lumineuse que dans un stuc raclé.
Il est indispensable que l'étude de couleur précise la technique utilisée et reflète les changements de rugosité volontaires –ou involontaires– du parement (par exemple, le fond peut être rugueux mais les rebords et les encadrements peuvent être lisses). Il est aussi possible que l'écoulement du temps et le délavage de l'eau de pluie l'aient converti en une superficie rugueuse et, en plus, irrégulière. Il faut alors considérer si cette trace du temps doit être effacée ou maintenue. Nous sommes partisans, quant à nous,

de la conserver pour ne pas faire une restauration qui serait un « faux historique ».
Il faut remarquer que la peinture traditionnelle à la chaux sur un enduit à fresque aussi de chaux présente en tant que tel une sorte de voile, une certaine transparence du support très particulière et qu'aucune peinture plastique n'est capable de reproduire du fait de son caractère couvrant.

La couleur dans son contexte

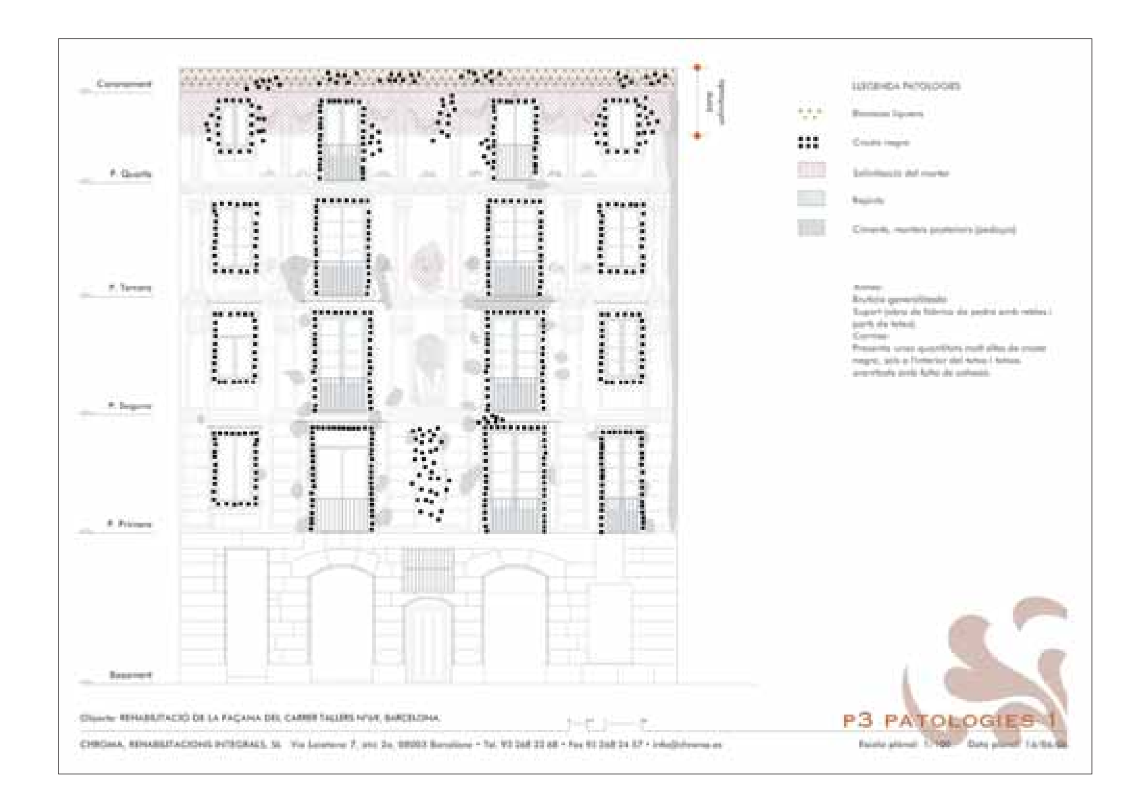
Le contexte d'une façade est l'espace et le temps : le temps historique et le temps artistique. Et l'espace : de la rue ou de la place dans laquelle le bâtiment est situé mais aussi, à une autre échelle, du quartier et de la ville.
C'est pour cette raison qu'au moment d'effectuer l'étude on devra prendre des références des couleurs des façades voisines (fonds, rebords, soubassements, encadrements) ainsi que d'autres de toute la rue ou la place (couleurs prédominantes). D'autre part, la municipalité a peut-être développé un plan de couleur avec un nuancier pour la ville. Dans ce cas, il est nécessaire de vérifier si les couleurs rencontrées coïncident avec celles de la municipalité et, si elles ne coïncident pas, de comprendre pourquoi et de justifier de la nécessité de s'adapter au nuancier officiel ou bien de considérer le bâtiment comme une exception bien argumentée.

L'état de conservation

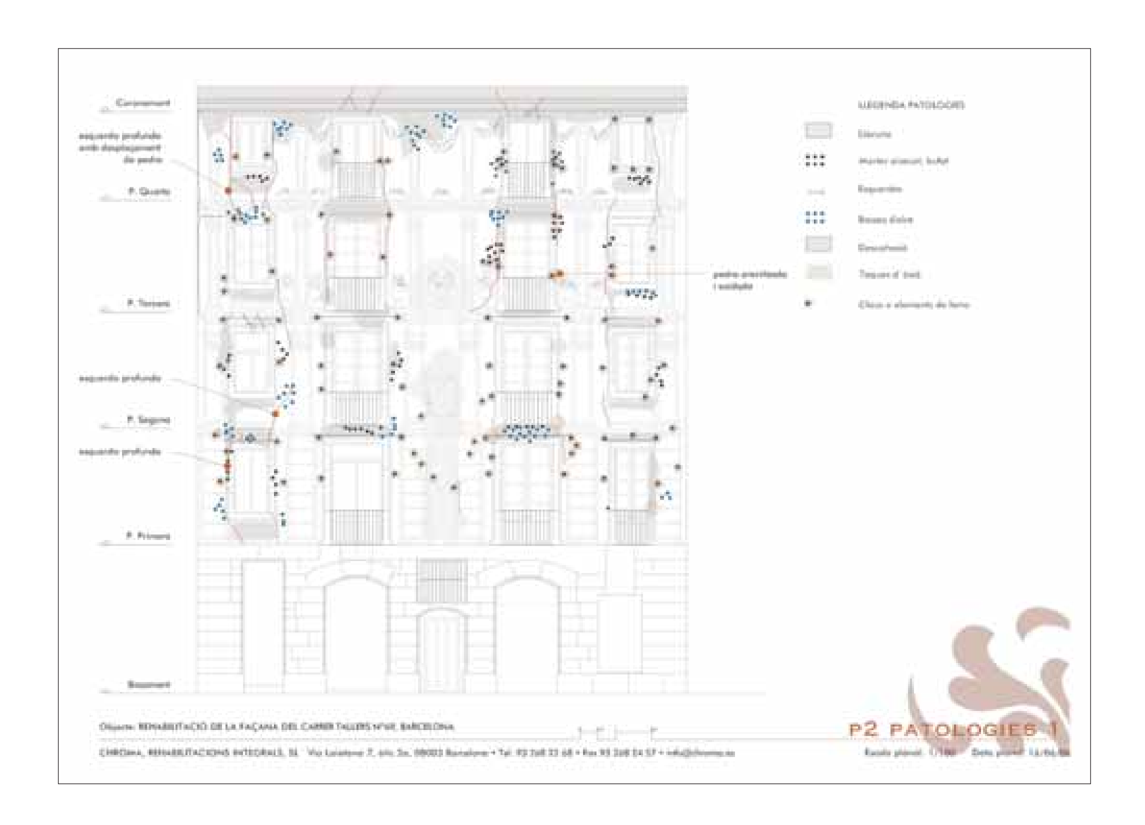
Enfin, l'étude doit reconnaître l'état de conservation de la couche de finitions et du substrat de support, afin de recommander sa conservation, sa consolidation et sa rénovation totale ou partielle.

Matériaux					
	☐ stuc de chaux	☐ sgraffite	☐ stuc bruni	☐ fresque	☐ détrempe
Stuc de chaux	☐ lisse	☐ rugueux			
Sgraffite	☐ couches	☐ couleurs			
Stuc bruni	☐ uni	☐ marbré	☐ sgraffite		
Fresque	☐ journées	☐ intégralité	☐ *al secco*		
Détrempe	☐ de colle	☐ de caséine	☐ d'œuf	☐ de latex	
Placage	☐ pierre	☐ marbre	☐ ardoise		
Bois	☐ planches	☐ baguettes			
Céramique	☐ carreaux	☐ carreaux en terre	☐ grès	☐ tesselle	☐ autres:
Plâte	☐ moulures	☐ reliefs	☐ sculpture		
Peinture	☐ tecnique traditionnelle	☐ noveaux materiaux			
Couleur	☐ correcte	☐ sale	☐ érodée	☐ diluée	☐ délavée
Dimensions partielles					
Dimensions superfice					
Disposition dessin	☐ uni	☐ marbré	☐ franges	☐ panneaux	☐ scènes
Thémàtique					
Plinthe	☐ pierre	☐ bois	☐ mortier	☐ peinture	
Soubassement	☐ pierre	☐ bois	☐ mortier	☐ peinture	
Champ principal					
Corniche	☐ sans corniche	☐ peinture			
Rapport avec les ouvertures	☐ continu	☐ discontinu	☐ global		
Matériaux complémentaires					
Situation					
Localisation plan					
État de conservation	☐ adhérence correcte	☐ ordinaire / déficient	☐ mauvais / fissuré	☐ chants cassés	
Intégrité physique	☐ entier:	☐ intact	☐ fragmenté		
	☐ fragmenté:	☐ complet	☐ incomplet .....% de perte		

Couches superficielles. Interventions antérieures					
Support	☐ pérforations	☐ affaissements			
Couche superficie	☐ nombre de couches	☐ couleurs			
Type d'intervention	☐ respectueuse	☐ interpretation libre	☐ destructive		
Matériaux utilisés					
Polychromie					
Procédure picturale	☐ fresque	☐ *al secco*	☐ huile / peinture émail	☐ détrempe / peinture à l'encaustique	
Pigments					
Vernis	☐ gomme laque	☐ cire	☐ colles	☐ Huile	
Peintures	☐ polyuréthane	☐ nitrée	☐ synthétique	☐ acrylique	
Bois					
Coloration					
Typologie	☐ pin	☐ chêne	☐ noyer	☐ cèdre	☐ autres
Technique	☐ teint	☐ laqué	☐ cire	☐ huile	☐ chaux
Métal					
Matériaux	☐ fer	☐ bronze	☐ laiton	☐ plomb	
Décoration	☐ incisions	☐ repoussés	☐ peints		
Profil	☐ uni	☐ mouluré	autres:		
Construction	☐ forge	☐ fonte			
État de conservation	☐ bon	☐ normal	☐ mauvais		
Céramique					
Dénomination technique	☐ terracota ☐ porcelaine	☐ sigilée	☐ vitrifiée	☐ émaillée	☐ grès
Couleur					
Installation in situ					
Situation					
État de conservation	☐ bon	☐ normal	☐ mauvais		
Pathologies					
Support	☐ micro-fissures	☐ fissures	☐ lézardes	☐ pertes	☐ cloquage
Concrétions	☐ sales	☐ croûte noire	☐ calcaires		
Attaque biologique	☐ champignons	☐ lichens / plantes	☐ faune	☐ excréments	
Action humaine	☐ vandalisme	☐ graffiti	☐ ancienne	☐ récente	
Couche polychrome	☐ cloques	☐ poussière			
Couche de superficie	☐ fimées	☐ poussière	☐ graisse	autres:	
Obscurcissement	☐ oxydation vernis ☐ nouvelles couches	☐ obscurcissement nouvelles couches	☐ écoulements	☐ taches de peinture	☐ auréoles
Consistance	☐ poussiéreuse	☐ perte de couleur	☐ décohésion		
Craquelures	☐ prématurées	☐ correspondant à l'âge			
Altérations chimiques	☐ du pigment	☐ *de l'agglutinant*	☐ oxydes		
Adhérence / cohesion	☐ correcte	☐ déficiente	☐ fissuré	☐ chants cassés	

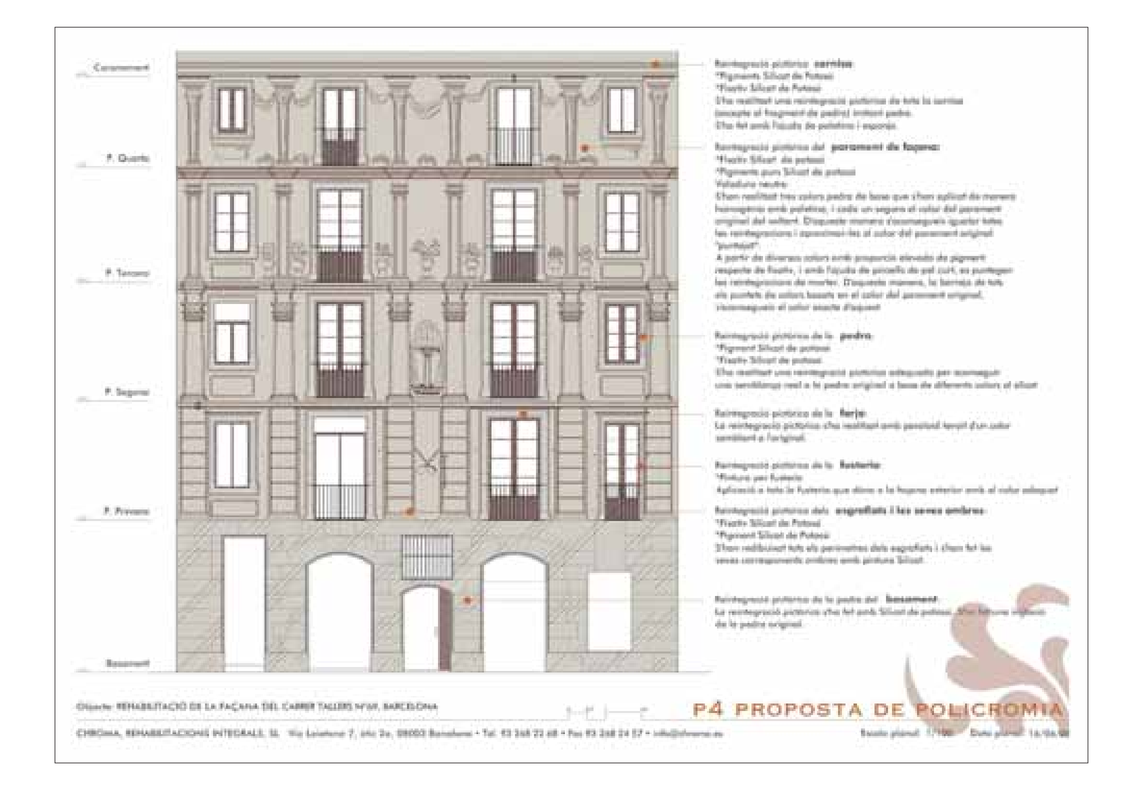


Représentation graphique du salissement de la superficie de la façade (Barcelone, Espagne).



Représentation graphique des lésions du substrat de façade (Barcelone, Espagne).

4



Proposition de mise en place d'une façade après son étude.

Cette information devra être recueillie sur une fiche et représentée sur une élévation de la façade de telle manière qu'il soit possible de déterminer la superficie des dommages.
Enfin, avec toute cette information il sera possible de faire un diagnostic et d'opter pour une solution de projet cohérente avec la globalité de l'intervention.

---

[1] Il existe différentes techniques photographiques qui aident à la documentation et à l'étude des superficies à traiter comme par exemple : la prise de détails en macrophotographie ; la photographie avec un éclairage rasant, technique qui permet de mettre en évidence les irrégularités ou les rugosités de la superficie ; la photographie infrarouge (IR) qui permet, par exemple, d'observer le dessin sous-jacent dans certaines zones et d'indiquer l'ampleur des différentes couches de peinture ; la photographie ultraviolette (UV) qui permet de déterminer l'étude de la superficie ainsi que des différentes couches de peinture, et de reconnaître certains pigments ; enfin, les rayons X (RX) qui permettent d'identifier des matériaux inorganiques.

[2] Albert Munsell (1858-1918), artiste et professeur d'art, a proposé un système (*A notation of color*, 1905 ; *Atlas of Munsell Color System*, 1915) qui permet de fixer et de nommer les couleurs sans risques d'erreur.

Applications de la photographie digitale

Joaquín MONTÓN
Architecte technique
Professeur au Département des Constructions architecturales II
à l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone
(Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Depuis son invention, la photographie est un outil très utile dans le monde de l'architecture et tout particulièrement dans le domaine que nous sommes en train de traiter, celui de la réhabilitation.

Si les architectes se servaient de gravures et de tableaux auparavant pour rechercher l'information sur l'état d'origine du bâtiment ou d'un élément à restaurer, la photographie a pris la relève de manière naturelle, offrant en général une plus grande fidélité que les interprétations des peintres ou des graveurs.

Or, nous assistons à un moment important et intéressant dans l'histoire de la photographie : la transition de la photographie traditionnelle ou « chimique » à la photographie digitale. Ce qui, à première vue, pourrait n'être qu'un simple changement de supports est en réalité une véritable révolution qui affecte toutes les activités qui ont une relation quelconque avec la photographie.

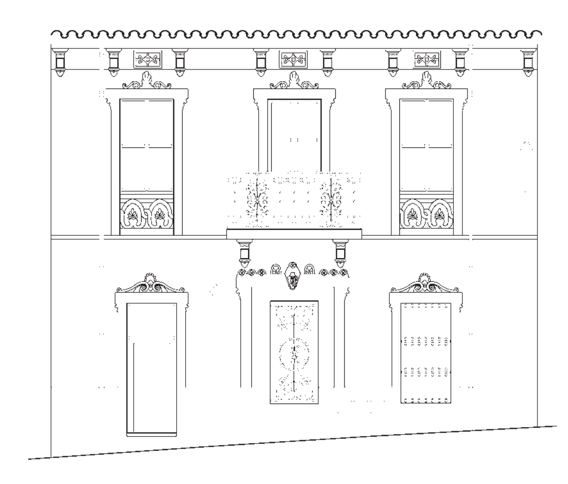
Une preuve claire de ce changement est que certains grands fabricants ont cessé de fabriquer des appareils-photo utilisant des pellicules de film traditionnel, ne conservant en catalogue que certains modèles professionnels de haut de gamme et quelques appareils simples de poche. On pourrait dire la même chose des fabricants de film et de papier photographiques. Ils ont réduit considérablement la liste des émulsions disponibles et l'on peut observer, chez les fabricants traditionnels de papier, le déplacement de leur production vers le marché des papiers « photographiques » destinés aux imprimantes.

On doit cependant à la vérité de dire qu'avec la photographie traditionnelle on pouvait faire pratiquement la même chose qu'avec la photographie digitale ; mais les procédés étaient plus

Photographie de la façade avant la rectification.



Photographie de la même façade une fois rectifiée.



Relevé graphique de la façade.

compliqués, exigeaient davantage de temps et de travail, et résultaient presque toujours beaucoup plus chers.

Parmi les avantages qu'offre la photographie digitale pour notre travail, on peut citer les suivants :

L'immédiateté. On peut voir le résultat de chaque photographie et, si l'on n'est pas convaincu du résultat, il est toujours temps de réaliser une autre prise en changeant les réglages ou le point de vue, ce qui évite de revenir un autre jour pour répéter l'opération.

La révélation. Un autre avantage est le nombre d'options pour « révéler » les photographies pouvant être imprimées à la maison avec une imprimante ayant une qualité photographique ou menées au laboratoire pour les agrandir. Le laboratoire nous fournira des copies ayant une qualité professionnelle, ou on pourra même envoyer les fichiers par Internet, ce qui permettra d'économiser un autre déplacement.

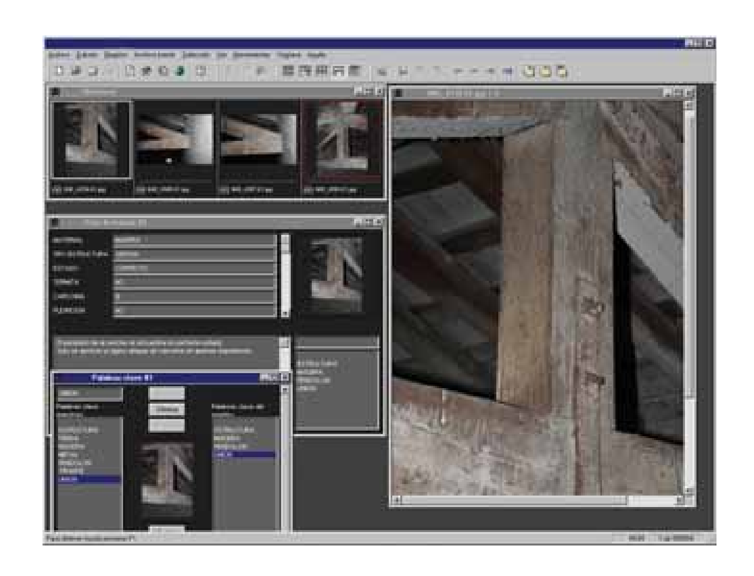
La manipulation. Le plus grand avantage, pour de nombreux usagers, réside dans la possibilité de manipuler les fichiers grâce à des programmes spécifiques aux différentes nécessités. On peut retoucher les photographies, corriger certains de leurs défauts tels que ceux qui sont dus aux aberrations des objectifs, compenser légèrement les erreurs d'exposition, etc.

La quantité. Aux avantages précédents, on peut ajouter l'imparable augmentation de la capacité des cartes de mémoire, accompagnée d'une importante baisse de prix, ce qui permet de prendre de grandes quantités de photographies sans que cela soit réellement répercuté sur les coûts. Grâce à cela, on peut photographier autant de détails d'un bâtiment ou de parties de ce bâtiment que l'on veut, la quantité de cliché ayant cessé d'être un problème (que ce soit sur le plan technique ou sur le plan économique).

Pour qu'une quantité aussi élevée d'images ne se convertisse pas en un problème, il suffira d'utiliser un logiciel de gestion de bases de données d'images. En effet, dans le cas contraire, une si grande quantité de photographies pourrait rendre inutile et inopérant le recueil des images. Un quelconque programme de visualisation d'images ne nous sera pas utile ; il faudra utiliser un logiciel disposant d'une bonne interface graphique et, surtout, d'un authentique gestionnaire de bases de données qui permettra d'assigner à chaque image autant de domaines de données que l'on considérera nécessaire et qui, à son tour, devra être capable de les gérer de manière efficace.

Ce type de base de données, ou banque de photographies, présente l'avantage que les images occupent très peu d'espace physique, surtout si on les compare avec des classeurs pleins de photographies sur papier. En outre, elles présentent aussi le grand avantage que l'on peut y accéder et les consulter à distance, grâce à une simple connexion à Internet. Par ailleurs, dans le cas où l'on aurait besoin d'une image, quelle qu'elle soit, on pourra la télécharger comme tout autre fichier digital puis la traiter conformément à l'usage que l'on souhaite lui donner.

La fidélité. La photographie digitale est aussi l'outil adéquat lorsque l'on voudra reproduire avec la plus grande fidélité des éléments sur lesquels on doit travailler par la suite, comme par exemple un sgraffite, une mosaïque ou une fresque qui doit être restauré. Dans toutes ces situations, la fidélité des couleurs de la reproduction sera particulièrement intéressante. La photographie digitale s'adapte parfaitement à ces travaux dans tous les cas où l'appareil utilisé remplit des conditions minimums. En plus d'un programme de retouche photographique, on devra disposer d'un appareil permettant de travailler correctement en couleur. En




Base de données pour gérer une banque d'images.



Appareil de photo Nikon PC avec un objectif de correction de perspective.

premier lieu, on devra disposer d'un moniteur de qualité, calibré, et connaître les profils de couleur de l'appareil ainsi que ceux de l'imprimante pour pouvoir travailler avec des couleurs réelles et, par la suite, les transférer sur le papier. Une fois que l'on disposera de tout ce qui a été mentionné ci-dessus, et que l'on saura l'utiliser, le résultat pourra être pleinement satisfaisant. Dans le cas contraire, on pourra difficilement garantir la précision des couleurs. Il faudra prendre en compte, cependant, l'une des limitations de la photographie digitale, l'impossibilité de reproduire sur le papier certaines couleurs visibles à l'écran. Mais cette limitation n'est pas exclusive à la photographie digitale, elle existait aussi avec la photographie traditionnelle.

La rectification des mesures. Là où la photographie digitale est devenue un outil absolument irremplaçable, c'est dans le relevé de plans de façades de bâtiments, par exemple au moment de réaliser des inventaires de centres historiques ou de bâtiments dans lesquels il est difficile de prendre des mesures suffisantes pour les dessiner avec précision. La rectification photographique est le système utilisé pour ce faire. Grâce à la prise d'une photographie et à la détermination d'au moins quatre points non alignés qui marquent deux mesures réelles, on pourra rectifier le plan frontal à l'échelle. À partir de cette élévation photographique, on sera en mesure de réaliser les plans de la façade en tenant compte du fait que l'on pourra prendre des mesures sur la photographie elle-même. L'exemple qui illustre ces pages a été réalisé par l'Atelier du Patrimoine architectonique de l'EPSEB avec le programme Homograf. De la même manière, avec l'aide de programmes de restitution graphique, on pourra générer des perspectives de bâtiments à partir de paires de plans.

Avant de disposer des outils digitaux, on pouvait avec les appareils-photo traditionnels réaliser des photographies avec l'axe optique de l'appareil le plus perpendiculaire possible au plan de la façade ; ensuite, il suffisait de corriger les fuites à l'agrandissement. On pouvait aussi travailler avec une chambre photographique à dos mobile (« à soufflet » : Linhof, Sinar, etc.) ou encore avec des objectifs de correction de perspective (objectifs Nikon PC, Canon TS-E, etc.).

Afin que ce texte ne semble pas être une apologie de la photographie digitale, rappelons certains de ses inconvénients.

Bien que l'on présente toujours le matériel de photographie digitale comme du matériel bon marché et, au moins, accessible, et que l'on dise qu'il a permis de démocratiser la photographie, dans le sens où il a permis d'y accéder à beaucoup de gens qui n'auraient pas osé le tenter auparavant, les appareils sont, en général, plus chers que ceux qu'ils substituent. Les bons appareils reflex traditionnels duraient habituellement de nombreuses années. Leurs substituts, les reflex digitaux, sont souvent plus chers et, malheureusement, les fabricants les rendent obsolètes dans un délai de deux à trois ans. Les nouveaux appareils ont une meilleure définition (plus grand nombre de pixels), une plus grande vitesse de traitement ainsi que des programmes de fonctionnement de plus en plus sophistiqués.

Les appareils digitaux sont, en général, plus délicats face aux coups et aux mauvais traitements, très sensibles aux agents atmosphériques (humidité élevée, températures extrêmes) et surtout à la poussière qui leur cause de sérieux problèmes. D'autre part, les services techniques traditionnels ne réparent pas ce type d'appareils et ceux-ci doivent finir au service officiel de la marque ; or, on n'y effectue pas de petites réparations, on substitue habituellement l'appareil s'il est encore sous garantie et, sinon, les devis de réparation (prix fixe quel que soit le problème) incitent en général à changer d'appareil au lieu de le réparer.

Nous regrettons donc les appareils anciens, durs, capables de résister à presque tout, y compris de travailler sans piles, de type Nikon FM ou similaire.



Appareil de photo Sinar avec support mobile pour la photographie d'architecture.

Outil 5
Comprendre les désordres structurels



Outil 5
Comprendre les désordres structurels

Les désordres structurels des bâtiments dans l'architecture traditionnelle méditerranéenne

César Díaz Gómez
Architecte
Professeur titulaire, Département de Constructions architecturales I de l'École technique supérieure d'architecture de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Le comportement et la durabilité des éléments structurels du bâti traditionnel sont intimement liés aux matériaux utilisés et aux formes de construction propres aux environnements urbains et ruraux qui le composent. Il convient donc en premier lieu de connaître lesdits matériaux et lesdites typologies structurelles avant d'élaborer un quelconque diagnostic des altérations et des dommages de toute nature qui affectent les bâtiments. Il est à ce titre essentiel de disposer de toute l'information sur les modifications et/ou interventions réalisées au fil des ans, sans oublier les divers usages auxquels est destiné le bâtiment.

Il est important de disposer d'une représentation graphique ou au moins d'une trace écrite de l'information contenue dans les plans, les coupes et les élévations du bâtiment dans le but de pouvoir établir un lien de cause à effet entre l'emplacement des dommages et les éléments structurels et la structure en elle-même, cloisons comprises. Il est également nécessaire de connaître les différentes modifications de la distribution ou de la volumétrie, qu'il s'agisse des agrandissements ou des élévations réalisées dans le temps, qui s'avèrent être un élément important s'agissant de bâtiments anciens ou historiques.

Au vu de ce qui précède, nous nous intéresserons ci-après au diagnostique des pathologies des systèmes structurels les plus fréquents, en faisant le distinguo entre les éléments supportant directement les charges mécaniques dues à l'action de la gravité, du vent ou des mouvements sismiques, à savoir, les murs, les piliers et les fondations, et les planchers, les voûtes et les coupoles en tant qu'éléments structurels de couverture les plus courants.

1. La pathologie structurelle des bâtiments aux murs épais

La structure verticale des bâtiments auxquels nous nous référons se compose généralement de murs construits avec les matériaux présents sur la zone. À l'exception des murs végétaux et des murs à ossature de bois, tous les murs recensés sont considérés comme des murs épais, où la terre, la brique et la pierre constituent le matériel de base. Ces murs sont réalisés selon des procédés ancestraux avec, par exemple, l'utilisation de coffrage dans le cas des murs de pisé et le recours au liant de terre ou de mortier de chaux afin d'assurer l'adhérence des différentes pièces, bien qu'il soit également possible de les monter par simple contact et calage des différents éléments –la pierre dans ce cas–, ce que l'on appelle communément la maçonnerie de pierre sèche. Il importe ici de définir la mécanique des murs ainsi construits dans la mesure où elle constitue un élément essentiel de leur propre stabilité, capable d'absorber les charges inhérentes à leur propre poids, celles transmises par les planchers et les couvertures et celles provenant des vents propres au lieu, en les transmettant aux fondations, généralement formées avec des semelles continues rigides, peu profondes et de même largeur ou sensiblement supérieure à celle du mur. Ils assurent l'équilibre même de l'ouvrage, tant au niveau de sa largeur que de son faible élancement, dès lors qu'elles sont utilisées dans les constructions à deux ou trois étages, en adoptant les formes géométriques des corps fermés qui tendent à se soutenir les uns avec les autres à des niveaux différents, en fonction de leur séparation et de la rigidité des points de raccord murs-planchers. Sur la base de ces principes mêmes, c'est lorsqu'une ou plusieurs des caractéristiques précédemment mentionnées sont insuffisantes ou anomales qu'apparaissent les pathologies, telles que les fissures, les lézardes ou les déformations dont la formation, la localisation et la dynamique constituent les données essentielles du diagnostique.

Bien que l'expression « murs épais » fasse ici référence aux murs d'une seule fouille, il importe de tenir compte, à des fins de diagnostic intégré, que ces murs manquent parfois d'homogénéité dans leur partie interne, ce qui est notamment le cas des murs de maçonnerie, non seulement de ceux montés selon la méthode romaine où le matériau de remplissage est coulé entre deux rangées de moellons mais également de ceux dont la construction s'apparente à une fouille et pour lesquels l'élévation verticale des parements avec des moellons plus gros crée des zones intérieures plus désagrégées et déformables et, par conséquent, moins résistantes.

Il est à souligner en outre que les formes de fracture de la plupart des murs épais et anciens témoignent d'une corrélation certaine avec le modèle élastique, notamment dans le cas des charges les plus courantes, bien qu'il soit évidemment nécessaire de mieux en connaître les caractéristiques et les actions qui en découlent afin de procéder à leur diagnostique.

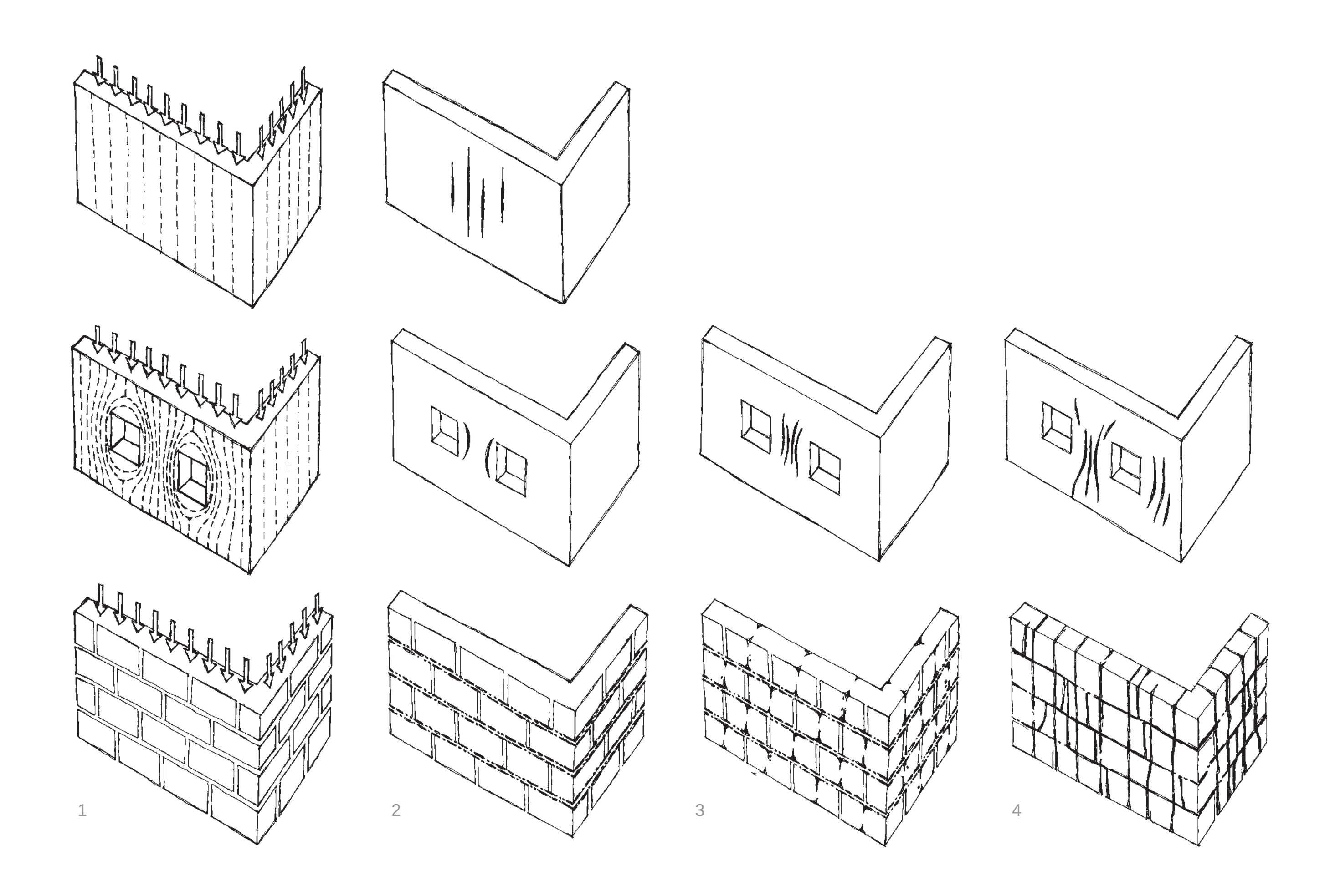
Dans le but de faciliter tant la description que l'analyse des pathologies structurelles les plus courantes, il convient de distinguer les fractures coplanaires des murs de celles qui se forment dans les parties centrales ou qui résultent des déformations transversales de leurs parements. C'est sur cette base que sont détaillés les différents types de fractures ainsi que leurs principales caractéristiques.

1.1/ Pathologie coplanaire des parements du mur

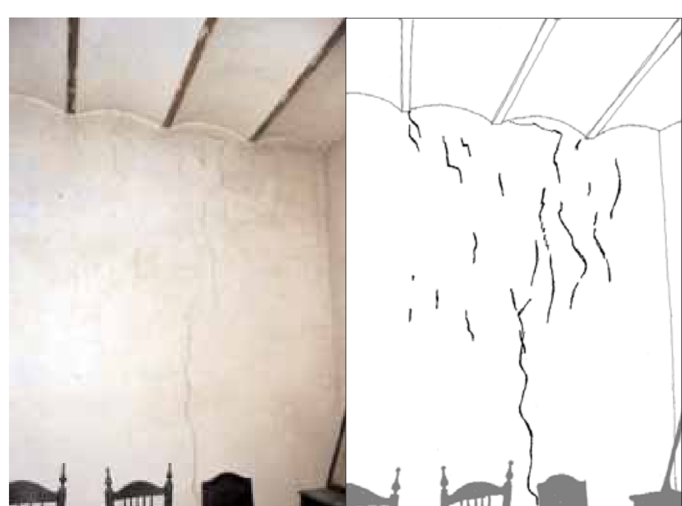
Leur principale caractéristique réside dans le fait que les dommages, sous forme de lézardes, de fissures ou de tassements, apparaissent sur les parements superficiels et traversent généralement un élément de part en part. De tels désordres se distinguent donc de celles d'origine non structurelle.

1.1.a/ Pathologie due à une trop forte compression sur une large partie du mur

La localisation des fissures ou des lézardes coïncide avec la direction des lignes isostatiques à compression correspondant à un élément vertical d'un matériau élastique, homogène et isotrope recevant la charge verticale de son propre poids et celle des planchers, cette dernière étant supposée être répartie de manière uniforme. Les fractures se forment généralement au niveau des parties supportant la plus forte charge, coïncident avec la partie inférieure du mur et se forment, généralement, au niveau des zones pleines où les poussées de charge entre les ouvertures sont à leur maximum. Leur présence témoigne du dépassement de la tension de compression admissible au niveau de la zone fracturée, dont les effets peuvent être multiples en terme de sécurité du bâtiment, en fonction de la capacité de redistribution des tensions du mur lui-même ou de l'ensemble de l'appareil.
Dans le cas des maçonneries en pierre taillée équarrie, de type orthogonal, les premiers symptômes de la fracture sont l'affaissement ou la détérioration des joints horizontaux lorsque l'élasticité du mortier est beaucoup plus faible que celle des moellons ou des briques, ce qui est souvent le cas des murs anciens. S'ensuit généralement la fracture verticale des moellons du fait des tensions auxquelles sont soumises les portées rasantes horizontales des points de contact mortier-moellon jusqu'à former un faisceau continu de fissures verticales.
Dans le cas de la maçonnerie en pierre brute hourdée, ce phénomène n'apparaît pas de manière aussi évidente car, même s'il existe, les fissures zigzaguent entre les joints de mortier en suivant leur trace.

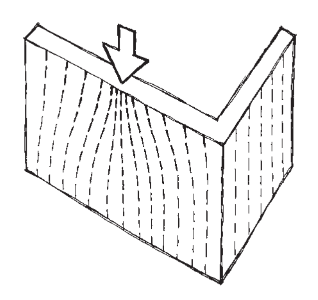


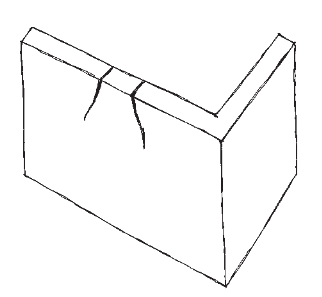


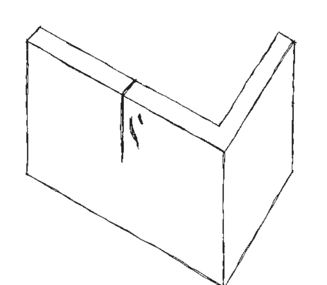


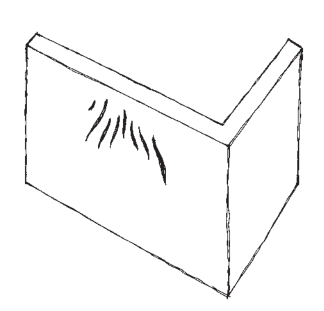
1.1.b/ Désordres dues à des charges ponctuelles

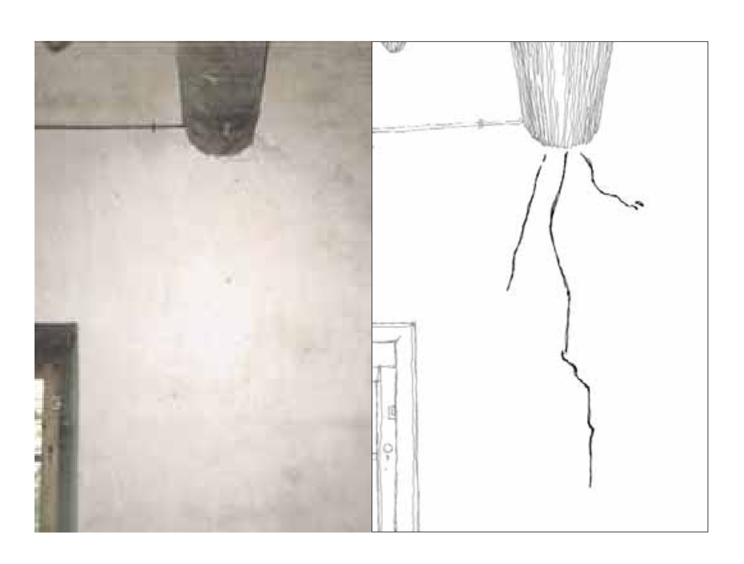
Les fissures sont inclinées par rapport aux côtés de l'élément à l'origine de la charge –généralement une poutre ou une poutrelle– ou bien elles suivent une ligne verticale sous l'élément en question. Comme dans le cas précédent, leur gravité dépend des possibilités existantes de redistribution des tensions de l'élément concerné, lesquelles sont nombreuses dans les cas les plus courants mais sont plus rares dans le cas des piliers libres où des solutions de renfort doivent être envisagées.

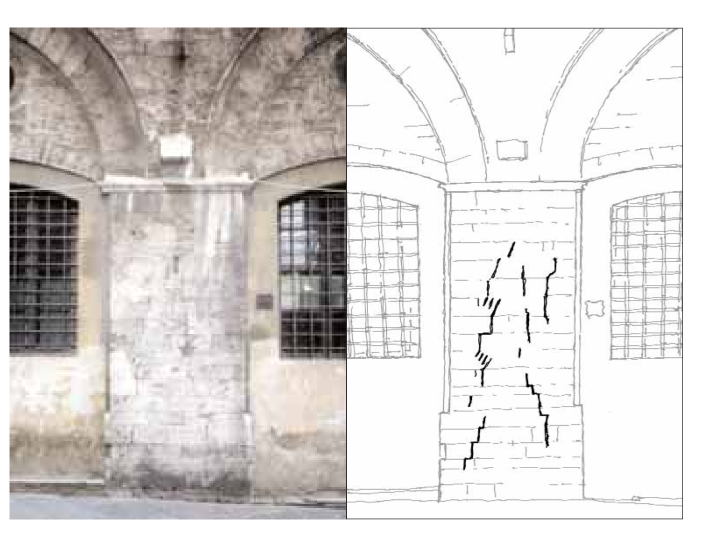






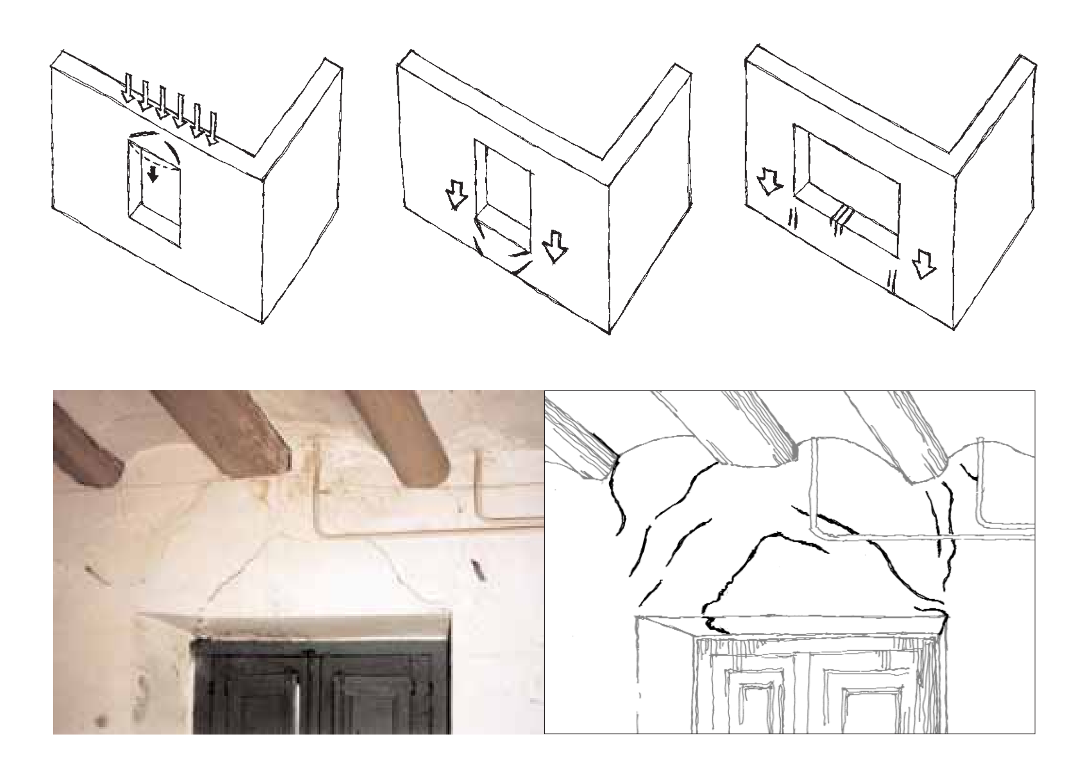






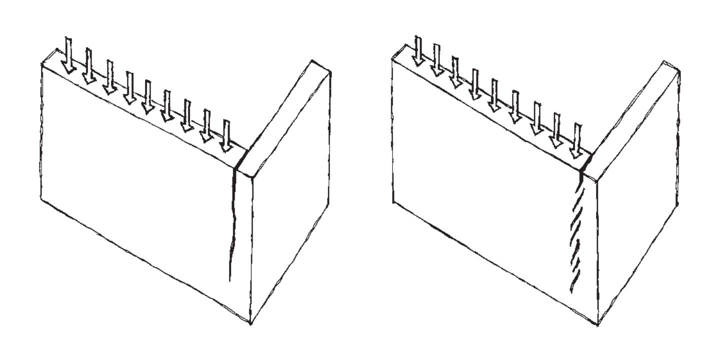
1.1.c/ Pathologie due à des manques de rigidité des éléments collaborant

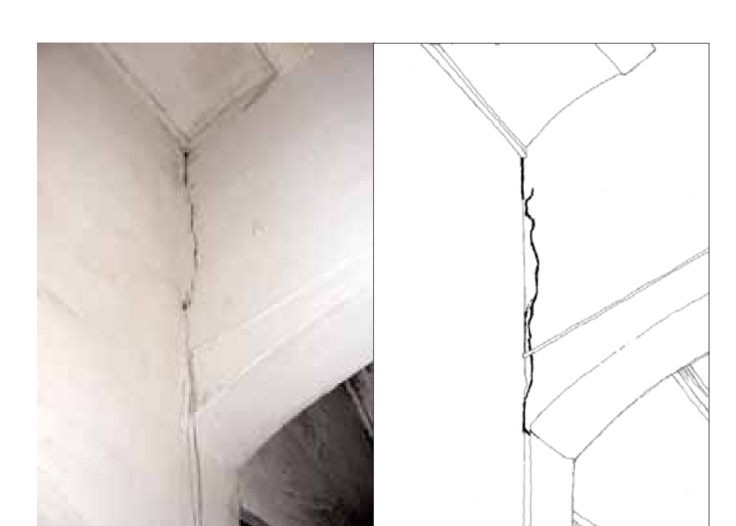
La déformabilité de certains éléments qui, théoriquement et en comparaison avec le modèle élastique, sont censés être d'une extrême rigidité, est la cause de la formation de schémas singuliers de fracture, différents de ceux qui devraient se produire en l'absence d'une telle situation. Les tableaux reproduits ci-après indiquent les fissures dues, dans un premier cas, à un linteau déformable en bois provoquant la décompression d'une partie du mur et la formation de fissures suivant un arc de décharge, puis l'effet de la charge ponctuelle de la poutrelle ; et, dans un second cas, les fissures de la déformabilité des fondations sous l'effet des poussées de charge du mur de façade entraînant des cas de fracture par cisaillement ou par flexion, en fonction de la taille des baies et de la ductilité des matériaux du mur.



1.1.d/ Pathologie due à des différences de charges entre les murs transversaux

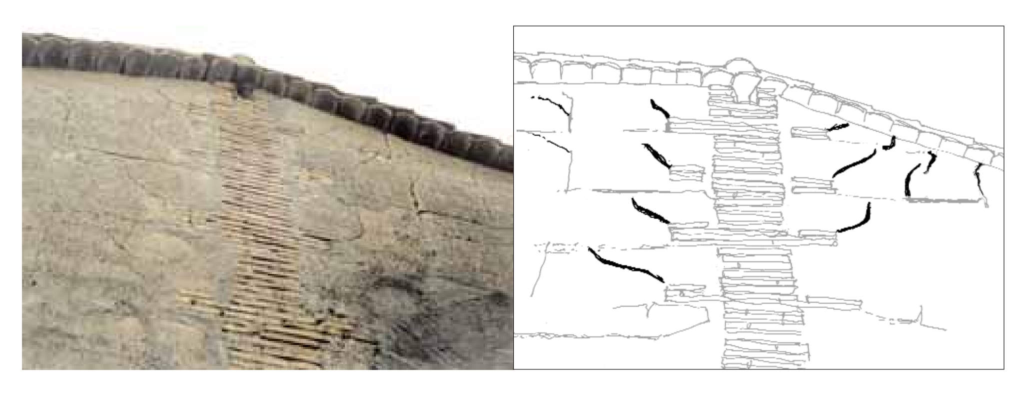
La formation d'une fracture verticale dans l'angle formé par le mur supportant la charge des planchers et le mur transversal est un phénomène fréquent. La perte de continuité des murs entraîne une baisse de leur monolithisme, dont les effets devront être spécifiquement évalués en fonction de l'incidence des actions horizontales du vent et des mouvements sismiques éventuels.

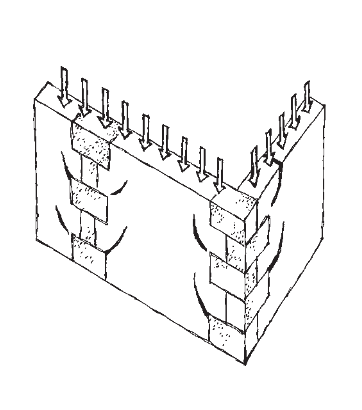


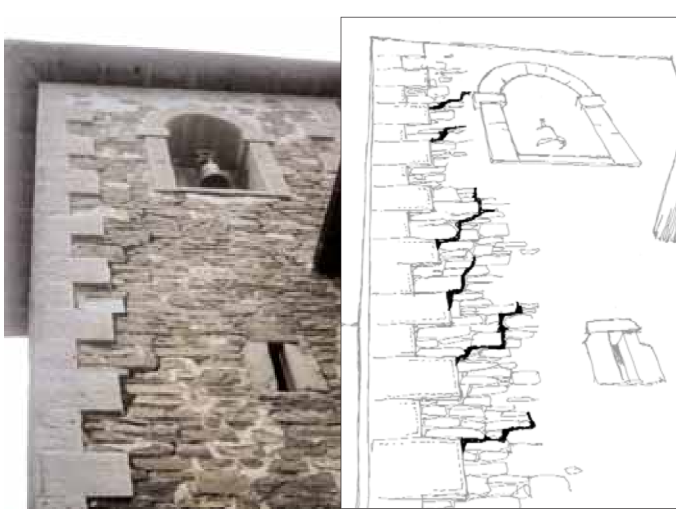


1.1.e/ Pathologie due à des différences de rigidité entre les matériaux composant les murs mixtes

Dans le cas des murs à double parement ou associant des matériaux coplanaires de différentes rigidités, l'un d'eux –le plus rigide– formant des pilastres apparents et l'autre formant le mur proprement dit, il est possible d'observer la formation de lézardes dues aux efforts de cisaillement qui se produisent au niveau des parties où toute déformation du matériau ou de l'ouvrage de plus faible rigidité est empêchée par celui de plus grande rigidité (les pilastres). Ces fractures ont peu d'incidence sur l'équilibre des murs épais, elles sont cependant fréquentes dans le cas des murs associant les briques et le pisé ou dans le cas des maçonneries de pierre brute hourdée.

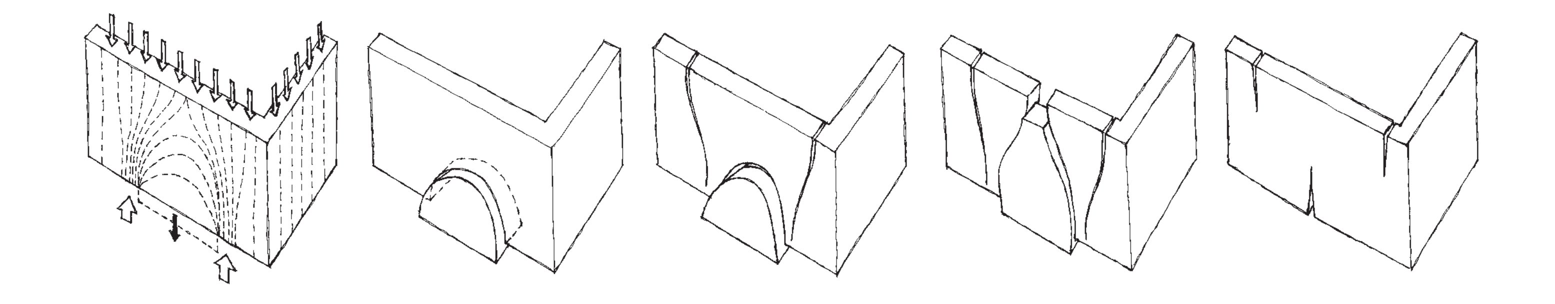




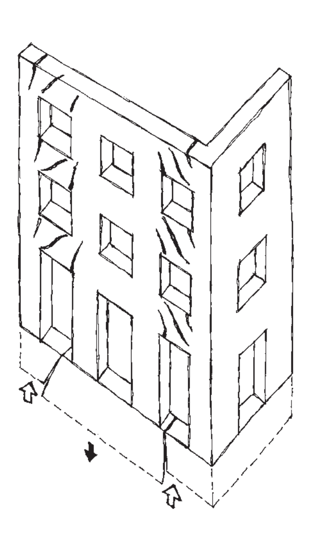


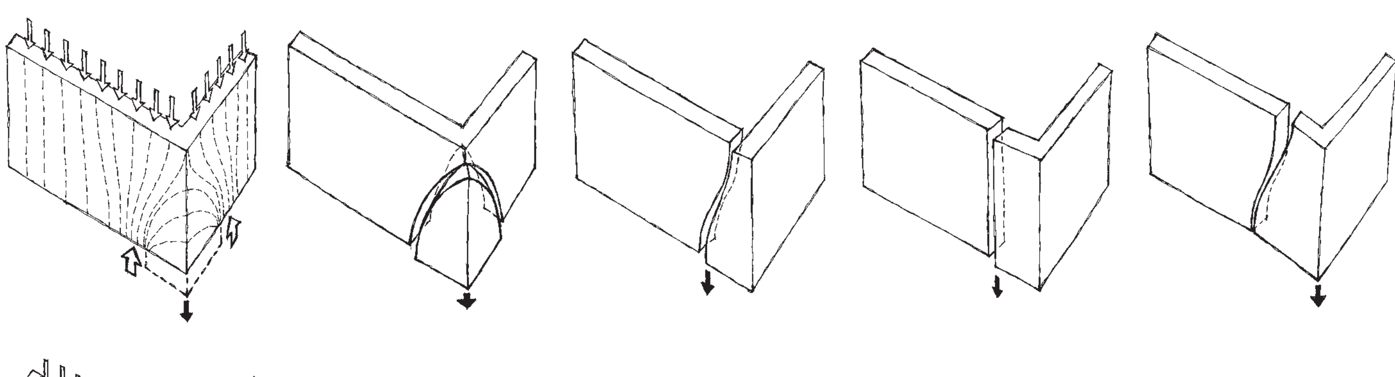
1.1.f/ Pathologie due aux mouvements différentiels des fondations

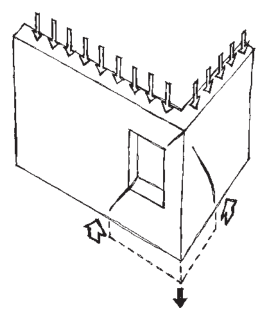
Les mouvements de terrain constituent une des causes les plus fréquentes des fissures et des lézardes des murs traditionnels. De tels mouvements peuvent avoir de multiples causes, certaines sont intrinsèques au terrain (humidification des sols cohésifs, versants instables, etc.), d'autres sont en lien direct avec les caractéristiques des fondations existantes dans la construction du bâtiment en question ou avec l'action des constructions proches. Souvent –mais pas toujours– les dommages apparaissent progressivement, de telle sorte qu'il est possible de disposer de l'information nécessaire quant à leur évolution et aux mesures préventives adoptées en conséquence.
La reconnaissance visuelle des mouvements est possible à l'aide des tableaux des fissures et autres désordres reproduits ci-après en fonction des différents types de mouvement (descente ou glissement), de la zone du bâtiment concernée (angle ou partie centrale) ainsi que des caractéristiques particulières du bâtiment (mur avec ou sans fenêtres). Comme nous l'avons précédemment souligné, ces schémas se basent sur l'hypothèse selon laquelle les murs se comportent mécaniquement comme des éléments élastiques et rigides, présentant très rarement une déformation plastique avant la fracture, et sont en outre homogènes et isotropes. Il est évident que plus les caractéristiques d'un mur se rapprochent de celles du mur précité, plus les références aux types de fracture fournies pour le modèle élastique seront valides, bien qu'il faille toujours prendre en compte le fait que les points de fracture prioritaires coïncident généralement avec la position des sections qui absorbent plus difficilement les tensions de traction générées par le mouvement, ce qui semble logique si l'on considère la faible résistance à ce type de sollicitation des matériaux qui composent les murs dont il est question ici.

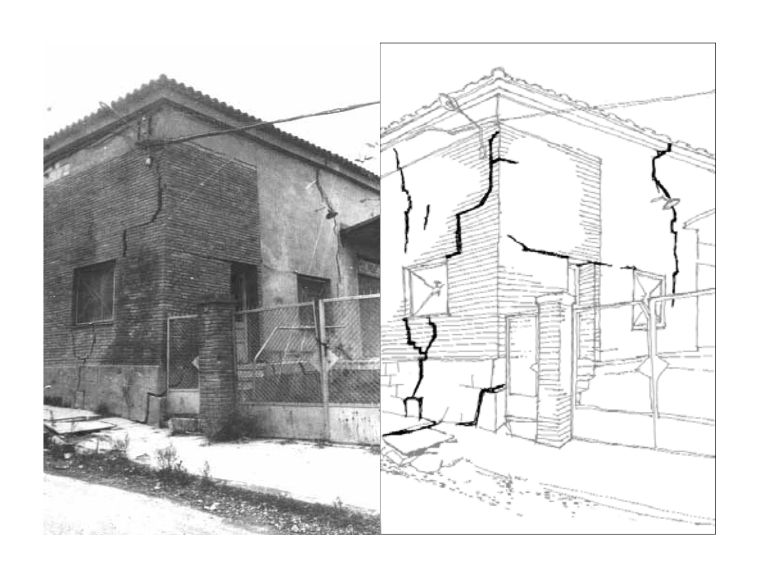


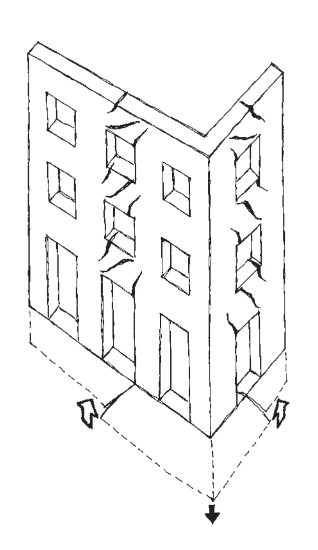


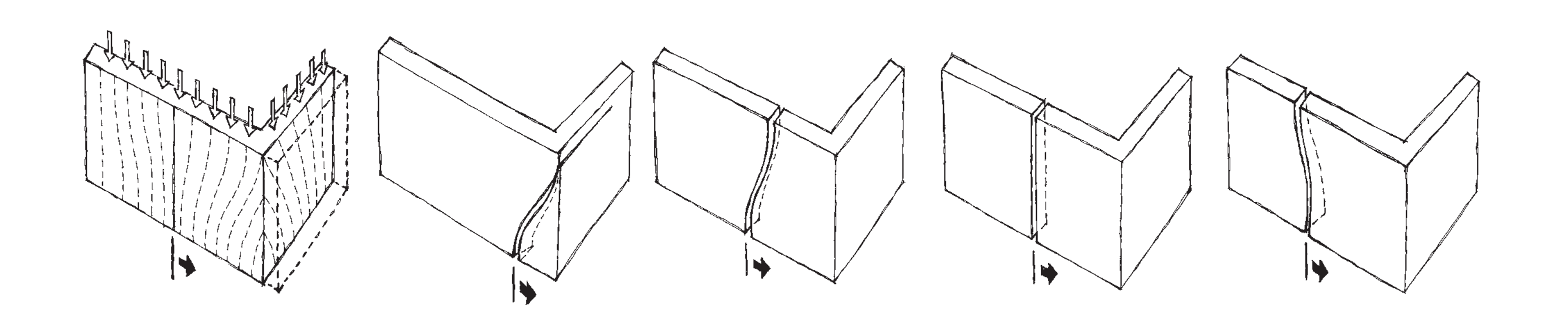






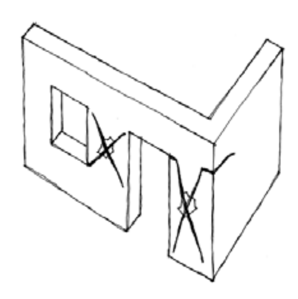






1.1.g/ Pathologie due aux mouvements sismiques

La construction de l'architecture traditionnelle à base de murs de terre, de pierre ou de brique –les deux premiers matériaux étant les plus fréquents– offre peu de résistance aux mouvements sismiques, compte tenu de sa faible résistance aux tensions de traction, de coupe, et de sa faible ductilité à apporter une réponse aux sollicitations multidirectionnelles introduites par ces mouvements. Le symptôme visuel qui permet le mieux d'identifier cette pathologie est la présence de fissures en croix au niveau des pans situés entre les ouvertures, qui témoignent de la fracture due à un effort par cisaillement sur ces pans de mur du fait de la secousse bidirectionnelle (droite-gauche, horizontale-verticale) pratiquement simultanée, caractéristique du mouvement sismique. D'autres effets visibles tels que les fissures au niveau des points de changement d'inertie ou résultant des trop fortes poussées créées par les secousses sont également fréquentes, et il en est de même de la formation de dommages invisibles à l'œil nu, à l'intérieur des murs (désolidarisation, microfissures, etc.) qui réduisent leur capacité portante.

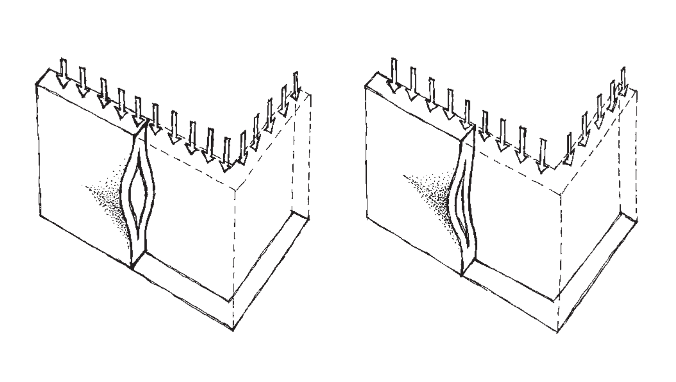


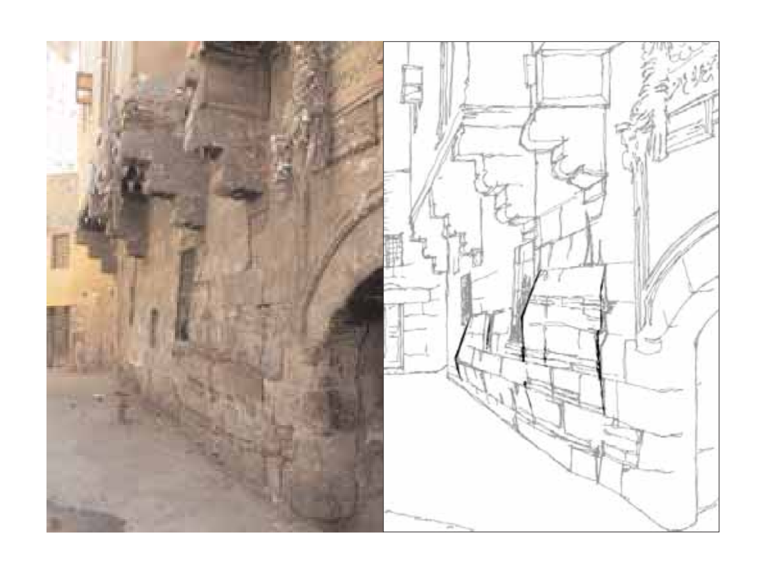
1.2/ Pathologie constatée sur le plan transversal aux parements du mur

Ces pathologies se caractérisent par le fait qu'elles sont invisibles au niveau des parements extérieurs du mur et qu'elles apparaissent sous forme de déformations transversales desdits parements.

1.2.a/ Fractures verticales au niveau des sections internes des murs

Un excès de compression sur un mur épais peut entraîner une fracture verticale interne qui, suivant la ligne de compression isostatique passant par le point de dépassement de la tension de rupture du matériau, tend progressivement à partager le mur en deux, en réduisant d'autant son élancement et sa capacité portante. Ce type de fracture est fréquent dans le cas des murs dont l'intérieur n'est pas homogène et dont les sections internes sont faibles en raison de la disposition des moellons ou des pièces céramiques exigée par les

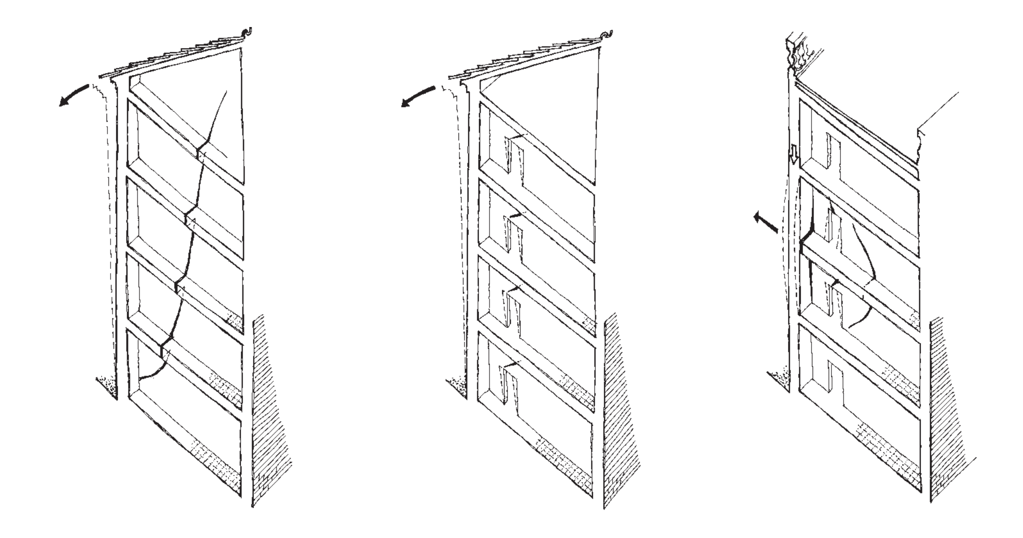


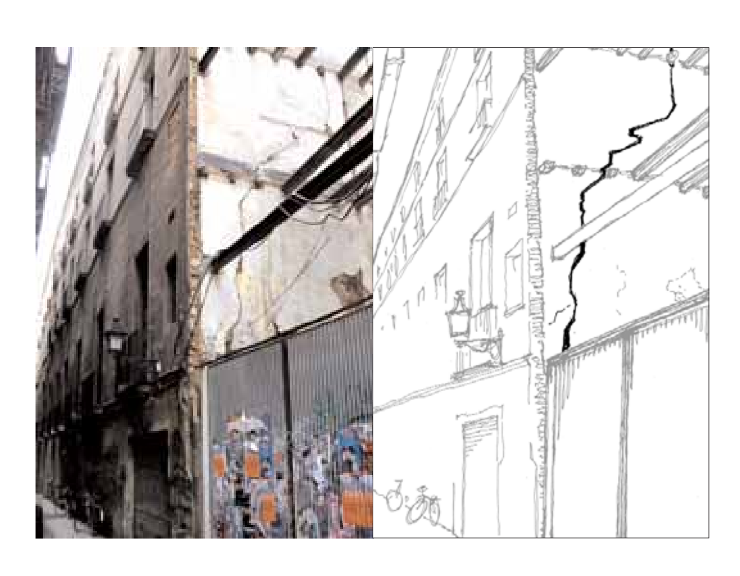


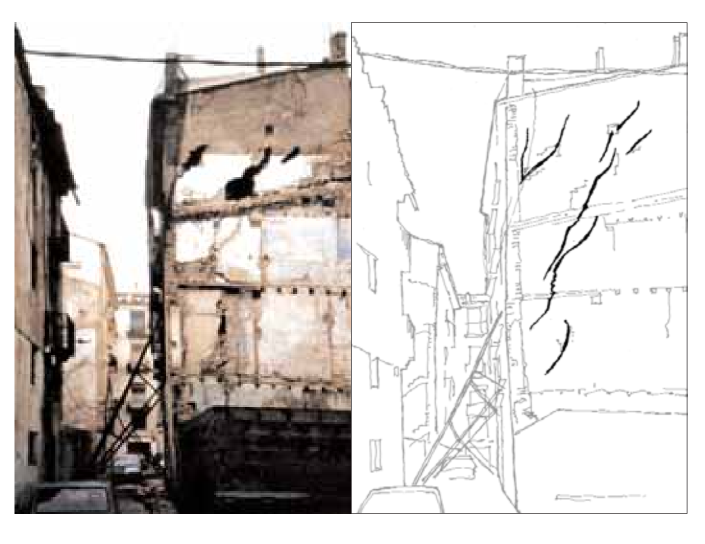
références fixes des plans verticaux des parements. Cette forme de rupture est celle qui présente le plus de risques parmi toutes celles qui sont répertoriées ici, dans la mesure où elles ne sont généralement pas visibles, qu'elles progressent à l'intérieur des murs anciens jusqu'à provoquer la chute de l'élément, sans qu'à aucun moment la déformation dudit élément n'ait été perceptible. Par conséquent, tant leur présence que leur détection exigent de prendre, à court terme, des mesures destinées à renforcer les éléments endommagés, tant dans le cas des murs que dans celui des piliers libres.

1.2.b/ Écrasements et bombements des façades

Ils sont généralement la conséquence de longs processus de déformation dus aux effets prolongés des sollicitations verticales ou horizontales sur les matériaux des murs et découlent de ceux liés à leur rhéologie propre, qui conduit à des modifications de leurs caractéristiques mécaniques au fil du temps. À ce stade avancé de déformation, il est nécessaire de procéder à des étayages ou de prendre les mesures de conservation nécessaires. Les écrasements dus aux poussées des couvertures, aux déplacements des fondations ou aux effets de l'humidité et de la température sont les plus fréquents, tandis que les processus rhéologiques de déformation lente sous l'effet de charges centrées ou décentrées transmises par la toiture et par les planchers sont la cause des bombements.

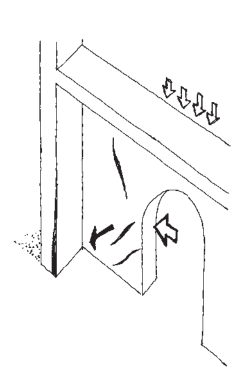


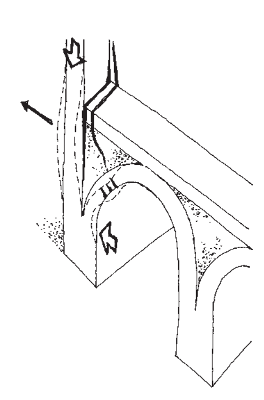




1.2.c/ Poussée des voûtes

Les éléments voûtés produisent des poussées, au niveau de leurs points de raccord avec les murs du périmètre, qui doivent être compensées par l'épaisseur et par la masse de ces murs, parfois à l'aide de contreforts. L'insuffisance de la compensation des poussées entraîne la formation de fissures et d'autres déformations qui peuvent affecter non seulement les murs mais également la voûte elle-même, soumise à un effet de décompression.





2. Pathologie structurelle des planchers, des voûtes, des coupoles des bâtiments aux murs épais

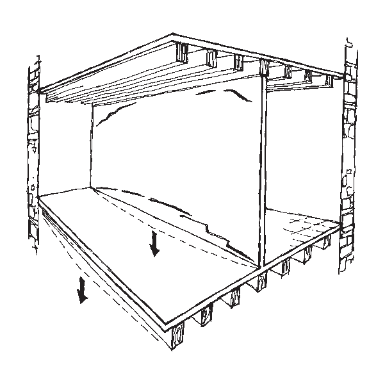
L'élément de couverture le plus couramment utilisé dans l'architecture méditerranéenne est le plancher constitué de poutrelles de bois et d'un remplissage de divers matériaux : lattis de roseaux, entablement, radier de carreau céramique, hourdis de ce même matériel ou à base de liants ou d'agrégats divers, etc. Les voûtes et les coupoles sont en revanche moins courantes et leur application plus spécifique; elles sont généralement construites avec les mêmes matériaux que les murs et les techniques s'adaptent aux particularités de chaque lieu.

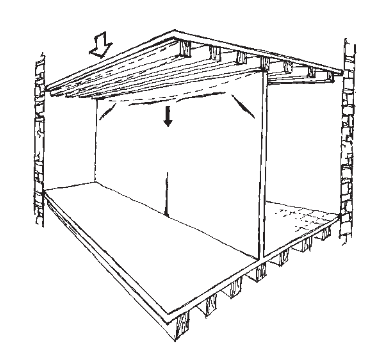
2.1/ Pathologie des planchers faits de poutres et de poutrelles

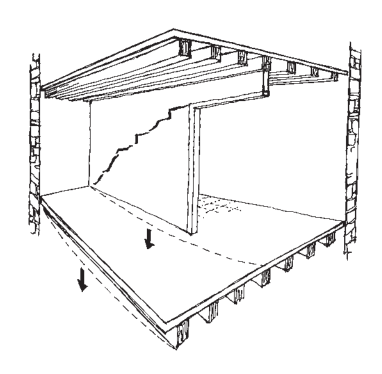
Les poutres et les poutrelles de bois qui constituent les éléments structurels porteurs du plancher présentent trois types de pathologies aux caractéristiques distinctes : les déformations, les attaques biotiques et les lézardes, également appelées fentes lorsqu'il s'agit du bois.

2.1.a/ Les déformations

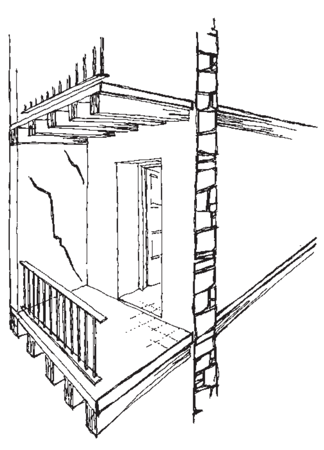
Il n'est pas rare que les planchers des bâtiments anciens soient fortement gondolés du fait de la forte fluence à laquelle sont soumis les éléments en bois qui les composent. La fluence n'est rien d'autre que la qualité d'un matériau à se déformer progressivement sous l'effet







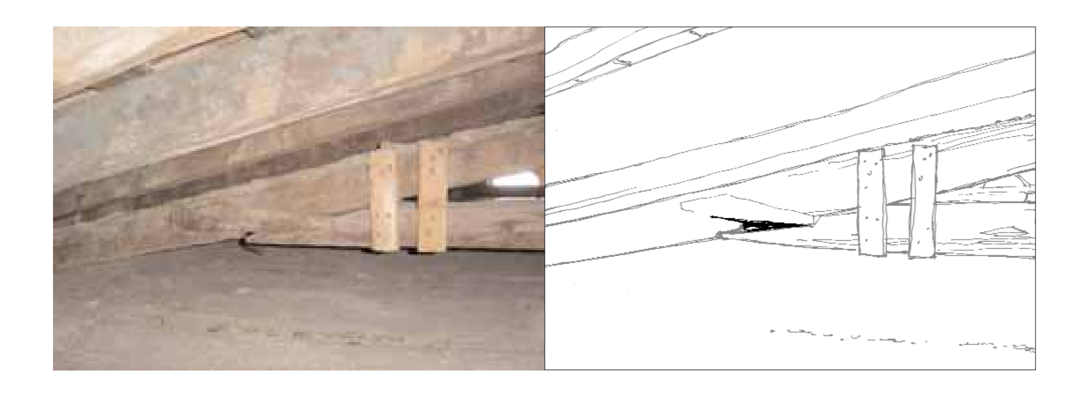
des charges supportées, sans qu'il ne soit nécessaire que ces charges augmentent. Ce phénomène est typique du bois qui travaille et qui gondole, ce qui a pour conséquence de diminuer la capacité de résistance de l'élément qui compose le plancher, et cette diminution doit être évaluée au cas par cas en fonction des caractéristiques mécaniques du bois, de la charge supportée par le plancher et de la flèche existante.



2.1.b/ La présence de fissures

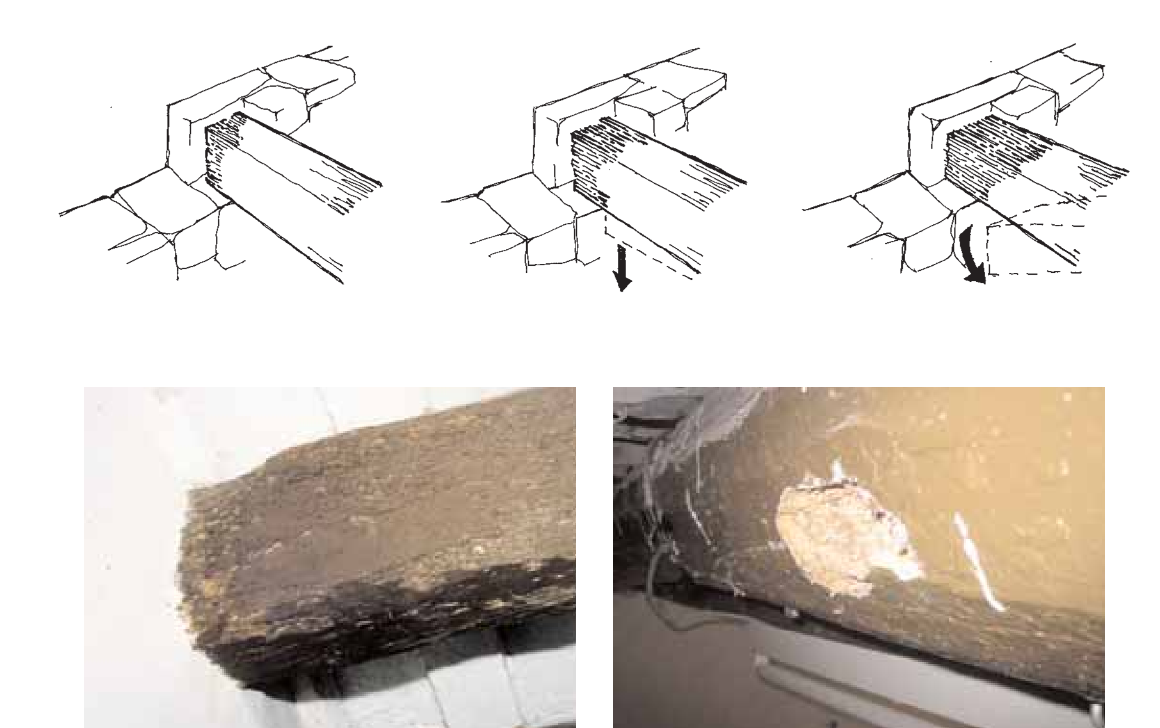
Bien que la présence de fissures ne soit généralement pas due aux actions mécaniques supportées par le plancher, mais davantage à des causes en rapport avec le processus de séchage du bois ou aux cycles d'humidité ambiante, il convient de vérifier leur origine et d'évaluer leurs répercussions sur l'inertie des éléments affectés, dans la mesure où, si la cause de ces fissures est d'origine mécanique, leur présence peut présager d'une rupture prochaine ou de l'éboulement de l'élément en question.





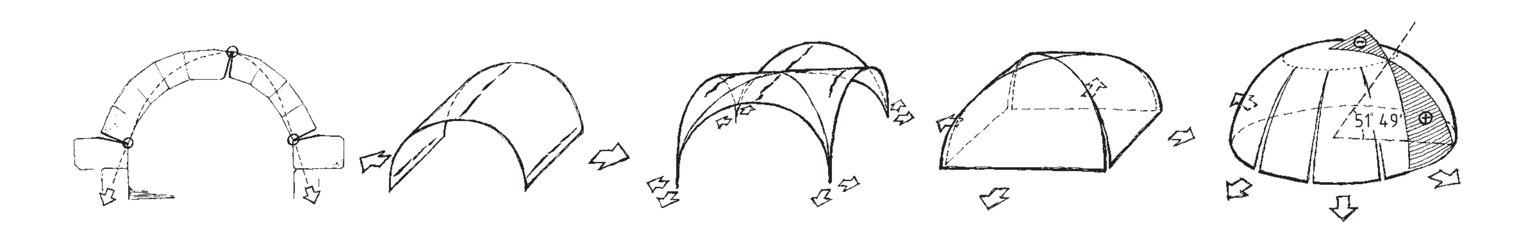
2.1.c/ Les attaques biotiques

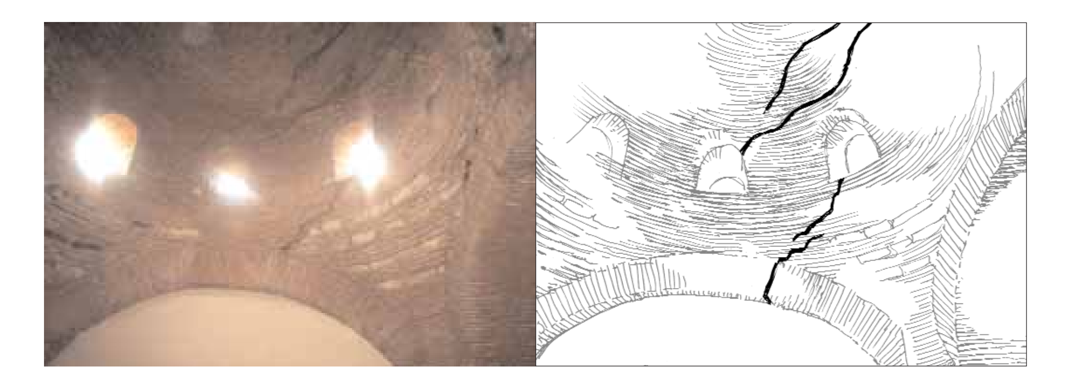
La putréfaction du bois due à la présence de champignons ou d'insectes xylophages tels que les termites ou les vrillettes entraîne une diminution de la surface utilisable, ce qui implique, comme dans l'exemple précédent, d'évaluer avec soin chaque bâtiment concerné. La détection de zones endommagées et leur intensité sont des éléments indispensables afin d'effectuer un diagnostic intégré de ces éléments.



2.2/ Pathologie des voûtes et des coupoles

Le comportement mécanique et structurel des voûtes se reconnaît normalement au point de superposition de la courbe directrice de l'élément avec la ligne de pression correspondante. Plus on s'éloigne de cette ligne directrice, plus le risque de fissuration ou d'écrasement est important, compte tenu du fait que ces points coïncident avec les zones soumises aux plus fortes tensions de traction et de compression.
Les schémas de fracture des voûtes diffèrent de ceux des coupoles, étant donné que ces dernières sont de véritables structures spatiales dont l'interprétation exige nécessairement une étude tridimensionnelle complexe, qui explique certains des schémas classiques de rupture. Quoi qu'il en soit, pour ces deux éléments, l'origine des dommages est due à la décompression générée par le mouvement des murs, des piliers ou des pilastres qui reçoivent leurs poussées, tant sous l'effet de l'écrasement latéral des murs eux-mêmes que sous l'effet de l'affaissement de l'assise différentielle des fondations, bien que l'excès de charge ou leur propre faiblesse puisse également être la cause directe des pathologies constatées. Les fractures les plus courantes sont reproduites sur les schémas ci-contre.





3. Particularités du comportement des colombages

Le comportement mécanique et structurel des colombages traditionnels diffère de celui des murs épais auxquels nous avons fait référence précédemment dans la mesure où les principaux éléments de résistance sont les pièces linéaires de bois composant le pan de bois, tandis que les remplissages de pisé, d'adobe ou de brique ont pour fonction subsidiaire d'éviter leur affaissement, en absorbant, dans tous les cas, un pourcentage variable des efforts de compression. Il s'agit par conséquent de structures portiques soutenues partiellement par les pans massifs. Les planchers sont généralement faits de poutres et de poutrelles de bois posées en appui sur les éléments mêmes des pans ou sur des piliers internes.
Il s'agit de structure dont le comportement est très complexe et déterminé, en grande partie, par la différence de rigidité entre les matériaux qui le composent, par la relation entre l'épaisseur du mur et la distance entre les étais, ainsi que par la disposition des pièces du colombage, souvent très différente d'un cas à l'autre, avec parfois la présence d'éléments diagonaux plus ou moins nombreux. Dans tous les cas, un des aspects importants, voire décisif du point de vue de la durabilité de ce type de mur, est la détérioration progressive du bois en l'absence de tout entretien, ce qui se traduit par une diminution progressive de sa capacité portante.





Bibliographie

Divers auteurs (1998), Tratado de rehabilitación. Patología y técnicas de intervención. elementos estructurales (Traité de réhabilitation et techniques d'intervention : éléments structurels), Département de Construction et Technologie architectonique, Université polytechnique de Madrid, Editorial Munilla-Lería, Madrid.

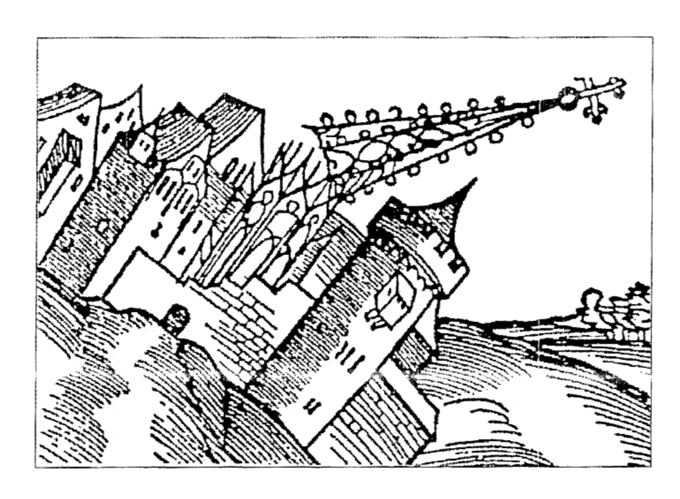
Divers auteurs (1995), Manual de diagnosi i intervenció en sistemas estructurals de parets de càrrega (Manuel de diagnose et d'intervention dans les systèmes structurels des murs porteurs), Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, Barcelone.

Mastrodicasa, S. (1978), Dissesti statici delle strutture edilizie (Déséquilibres statiques des structures des bâtiments), Hoepli Ed., (6e édition), Milan.

Risque sismique dans l'architecture traditionnelle

Giambattista De TOMMASI
Ingénieur
Professeur à plein temps de Réhabilitation des bâtiments,
Politecnico de Bari, Italie
Collaborateurs : groupe de travail de recherche
(Fabio Fatiguso, Mariella De Fino et Albina Scioti)

L'important facteur de risque sismique du bassin méditerranéen provient de ses caractéristiques géomorphologiques et tectoniques. En effet, cette région se trouve à l'ouest de la chaîne des Alpes et de l'Himalaya, où l'interaction entre la plaque eurasiatique et les plaques d'Afrique, d'Arabie et d'Inde provoque un système de collision complexe. Elle a donc souffert depuis toujours de l'activité sismique, qui s'est traduite par de nombreuses conséquences désastreuses en termes de vies humaines, ainsi que de dommages plus ou moins importants du patrimoine architectural sur les bâtiments, les grands immeubles, les centres historiques et l'environnement dans sa totalité (environnement naturel et construit). Ces répercussions ont parfois mis en péril le témoignage historique et l'identité même d'un lieu.
L'architecture méditerranéenne traditionnelle est d'autant plus vulnérable qu'elle subit fréquemment d'importants effets des tremblements de terre, différents en fonction des caractéristiques de la structure et des matériaux des bâtiments. Les ouvrages en maçonnerie sont communément considérés comme moins résistants aux séismes que les structures modernes en béton renforcé. Cependant, les bâtiments en maçonnerie construits et entretenus correctement peuvent résister à des tremblements de terre de grande intensité –comme cela est démontré par les monuments ayant surmonté de difficiles épreuves– grâce aux techniques et aux matériaux employés ainsi qu'à un entretien régulier effectué dans les règles de l'art. Par ailleurs, des études analytiques plus exhaustives effectuées sur les dommages provoqués par les séismes (grâce aux meilleures possibilités actuelles de regrouper et de traiter les informations) ont démontré récemment la capacité « naturelle » des murs, des planchers et des plafonds réalisés en maçonnerie d'absorber les vibrations, à condition qu'ils soient construits, reliés et entretenus correctement. En outre, la restauration et le renforcement des bâtiments en maçonnerie, même de ceux qui présentent d'importantes fissures, permettent de les conserver en perdant uniquement la géométrie originale. En revanche, même en cas de déformations minimes, les bâtiments en béton renforcé doivent être démolis si leur géométrie est atteinte.
Comme nous l'indiquerons par la suite, les caractéristiques particulières des tremblements de terre, telles que leur intensité et leur intermittence, n'ont pas permis de comprendre profondément le phénomène et ses causes. Par conséquent, contrairement à la culture de construction traditionnelle, aucune technique ni caractéristique structurelle n'a encore été développée à partir de l'expérience.



Gravure représentant un tremblement de terre biblique : selon les anciennes croyances, les bâtiments et le sol sont en colère.

Caractéristiques structurelles des bâtiments et tremblements de terre au cours de l'histoire

Les tremblements de terre ont été historiquement interprétés avec beaucoup d'imagination et de façon apocalyptique. La compréhension humaine était même considérée comme inappropriée à cause de l'absence d'une approche scientifique dans la culture pré-moderne.
L'échec de la théorisation des causes permet d'expliquer, d'une part, l'absence de solution structurelle antisismique et, d'autre part, l'idée que toutes les structures, même solides, ne pouvaient pas résister à la nature indomptable et menaçante des tremblements de terre (souvent perçus comme une punition divine).
Par ailleurs, le fait que ce phénomène tellurique ne se produit pas à intervalles rapprochés n'a pas contribué à l'approfondissement des connaissances relatives au risque sismique et aux éventuelles solutions à apporter. En réalité, les effets destructeurs d'un tremblement de terre tombent progressivement dans l'oubli au fil des générations. L'humanité s'est protégée des effets continuels de l'environnement naturel au moyen de toitures, de murs, de planchers et de très nombreux autres éléments, qui ont été progressivement améliorés. En revanche, elle n'a pas pu rendre les bâtiments résistants aux pressions dynamiques. La mémoire historique de l'événement destructeur a persisté dans la conscience populaire mais elle a été chargée de superstitions et liée à des événements surnaturels.

Aristote, l'un des premiers philosophes des sciences de la terre, écrivit : « […] ce n'est ni l'eau ni le feu, mais la vapeur qui serait à l'origine des tremblements de terre, lorsqu'elle dirige vers l'intérieur de la terre ce qu'elle exhale généralement vers l'extérieur […] »[1] . Sénèque, dans le sixième livre des *Questions naturelles* intitulé *Du mouvement de la Terre*, décrivit correctement les effets des tremblements de terre, mais il les reliait à l'eau ou à l'air tourbillonnant dans des cavités souterraines et produisant les tremblements sismiques. De même, Pline, dans son ouvrage *Histoire naturelle,* mentionnait un vent à l'intérieur de la Terre qui serait exhalé par « des égouts et des puits profonds »[2] . Les explications proposées au cours des siècles suivants, bien que sensiblement les mêmes, sont toutefois difficiles à présenter dans le détail. Dans tous les cas, aucune n'a fait preuve d'une intuition adéquate à propos de ce phénomène et toutes tentaient parfois de l'expliquer par la magie et/ou la sorcellerie.

Par ailleurs, la définition des causes des tremblements de terre n'a pas progressé, bien que les processus entraînant l'effondrement des bâtiments en maçonnerie aient été compris (nous disposons d'innombrables plans, dessins et descriptions de ces processus). En outre, les premières découvertes scientifiques enthousiastes réalisées au début du siècle des Lumières ont contribué à accroître la confusion au lieu de fournir des solutions, comme cela s'est produit dans le cas des phénomènes électriques : « […] l'enthousiasme soulevé par les phénomènes électriques a conduit à penser que tous les événements inexplicables étaient attribués aux fluides, pour reprendre le terme de cette époque, à la vapeur électrique, et que les tremblements de terre étaient considérés comme des phénomènes causés par l'électricité […] »[3] . C'est dans cet esprit que Valadier conçut les tours antisismiques à Rimini visant à répandre l'électricité de la terre dans l'atmosphère.

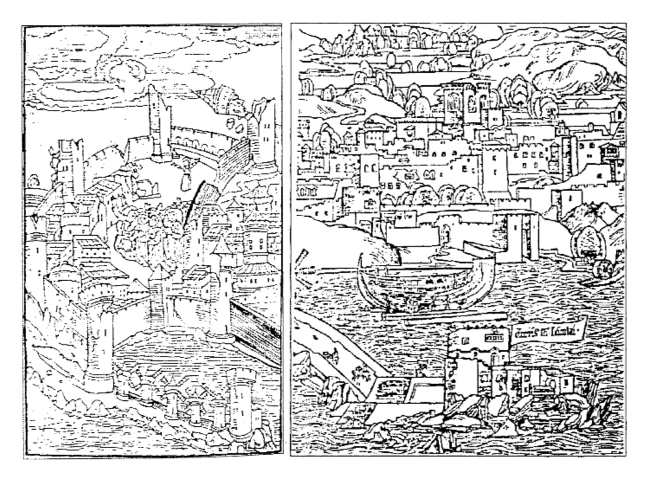
Au XVIIIe siècle, des progrès qualitatifs furent réalisés lorsque les expériences et les observations scientifiques[4] permirent à Bottari de comprendre le phénomène, comme il l'indique dans son ouvrage *Three lessons on the earthquake* (Trois leçons sur le tremblement de terre), publié à Rome : « Les entrailles de la terre sont traversées à de nombreux endroits par des vents sulfureux et bitumineux mêlés à du salpêtre ou d'autres substances et qui s'enflamment, se dilatent dans les cavités où ils se trouvent, et brisent ou tentent de briser les obstacles existants, provoquant les tremblements de la terre […] »[5] . La sismologie moderne vit également le jour au XVIIIe siècle. Les études réalisées par Mallet[6] , le sismographe de Mine et l'échelle de Mercalli permettant de mesurer l'intensité sismique furent des étapes importantes ayant ouvert la voie à la recherche du XXe siècle (depuis les recherches réalisées par Baratta et Wegner), qui est parvenue à expliquer les causes des tremblements de terre et les contre-mesures à adopter.

En ce qui concerne les solutions techniques, soulignons que depuis des temps anciens, de nombreuses mesures techniques et structurelles ont été prises, en particulier après des tremblements de terre très dramatiques. Ces mesures, intéressantes et plus ou moins efficaces, étaient développées très rapidement et tombaient tout aussi rapidement dans l'oubli.

En Italie, au IVe siècle av. J.-C., dans les colonies grecques de Métaponte et Paestum, les constructeurs jetaient les fondations des bâtiments dans des tranchées creusées dans la roche, puis comblées avec du sable. Au nord de la Syrie, au IIe siècle av. J.-C., les ouvrages de maçonnerie étaient dotés d'une structure en bois. Après le tremblement de terre qui détruisit Pompéi et une partie de la ville de Naples en l'an 63, un règlement antisismique empêchant la construction de bâtiments de plus de deux étages fut imposé, diffusé et transmis jusqu'à la Renaissance. À ce propos, aucune innovation technique et structurelle ne correspondait au développement de ce règlement, à l'exception



Conséquences du dramatique tremblement de Friuli (Italie), 1976.



Représentation du tremblement de terre de Rhodes, 1495. Les plus hautes tours circulaires de la muraille de la ville se sont écroulées, alors que les tours les plus basses sont intactes.

des résidences d'Ercolano, dont la structure en bois (*opus graticium*) était remplie de pierres broyées, de boue et d'une charpente en rotin.

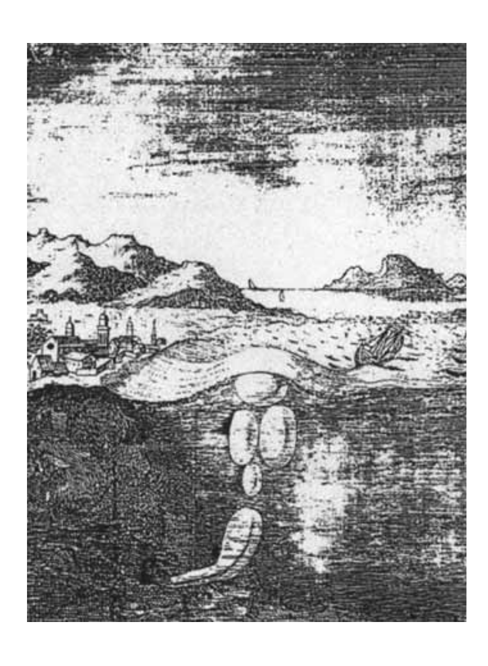
Néanmoins, après le dramatique tremblement de terre qui détruisit une grande partie de la ville de Lisbonne en 1755 et dont les secousses furent senties dans toute l'Europe, il fut décidé de mettre en pratique des mesures appropriées afin de réduire les effets sismiques destructifs (même si les causes étaient mal comprises). Pour la reconstruction, certains règlements furent lancés pour la première fois dans l'Histoire concernant la hauteur des bâtiments, la largeur des rues et, en particulier, la structure des nouveaux bâtiments. Plus précisément, les murs devaient se composer d'une structure en bois (qui allait par la suite porter le nom de cage Pombal, du nom du marquis Pombal chargé de la reconstruction) pouvant supporter les étages et la toiture en cas de tremblement de terre.

La cage Pombal située à l'intérieur des murs se composait d'une ossature contreventée contenant des pieux et des traverses. Ces dernières étaient reliées aux murs par le biais de lambris d'appui dont la partie supérieure était reliée par des poutres, par des chambranles et des chevrons. La structure élastique en bois et les clameaux flexibles fournissaient une grande résistance au bâtiment.

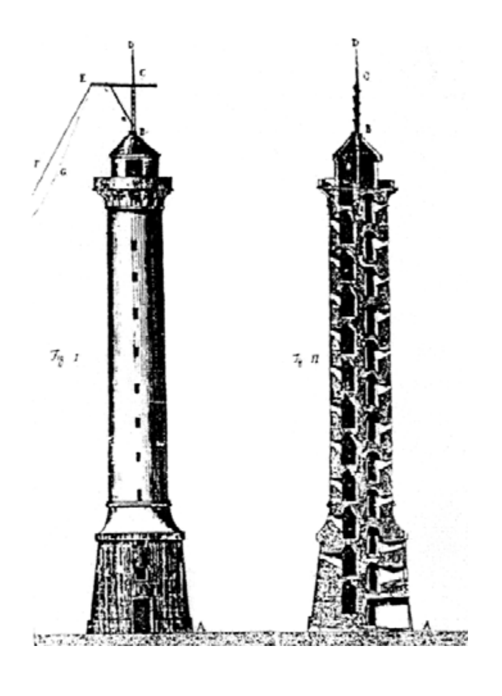
Les importantes solutions techniques mentionnées menèrent à des applications plus complexes après le tremblement de terre de Messine, en Calabre, en 1783, avec un type de construction antisismique de nature particulière. La « casa baraccata » (hutte) décrite par Vivenzio[7] se composait d'une structure porteuse en bois dotée de poutres horizontales et verticales encastrées sur des pieux. Un grand progrès fut réalisé vers l'établissement de bonnes règles de construction, soutenues par une compréhension plus approfondie des phénomènes telluriques. En réalité, le comportement homogène et unitaire du bâtiment en cas de secousses sismiques était assuré par des barres en acier placées à l'intérieur des murs et par des entraits et des contreforts reliant plus solidement les structures. Les autorités encouragèrent même l'oscillation des bâtiments. En Italie, en 1854, le gouvernement de Bourbon retira les taxes grevant le fer utilisé pour cela. Dans certaines régions d'Italie, des pièces de sécurité étaient utilisées, ainsi que des pièces renforcées par des lames en fer doux en forme de croix de Saint-André placées entre le mur et le plâtre. Les murs ainsi renforcés étaient très courants, en particulier après le tremblement de terre de Messine en 1908, et il en existait plusieurs versions, dont certaines brevetées, allant du simple renforcement au moyen d'entraits en acier à des systèmes modulaires composés de briques creuses de différentes formes et avec plusieurs fentes reliées par des filets en fer zingué.

L'importance des connexions pour la résistance sismique

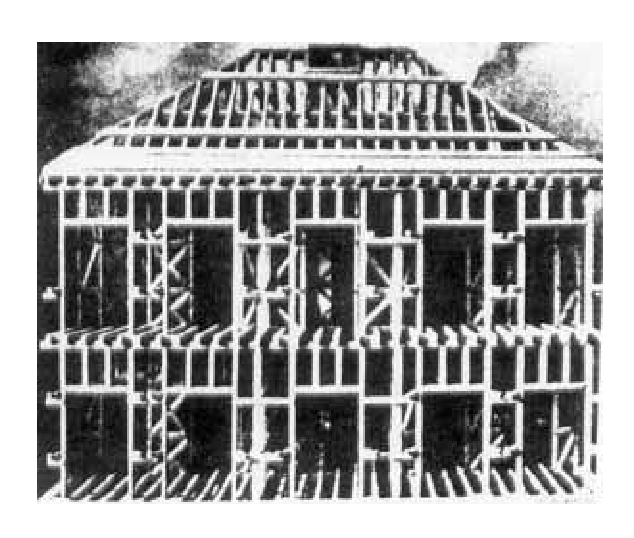
Dans chaque région méditerranéenne, l'art de la construction s'est spécialisé pour réaliser des ouvrages en maçonnerie de la meilleure façon possible en utilisant des matériaux disponibles sur place et viables du point de vue économique. Ainsi, un mur de bonne qualité peut être composé de divers matériaux et présenter



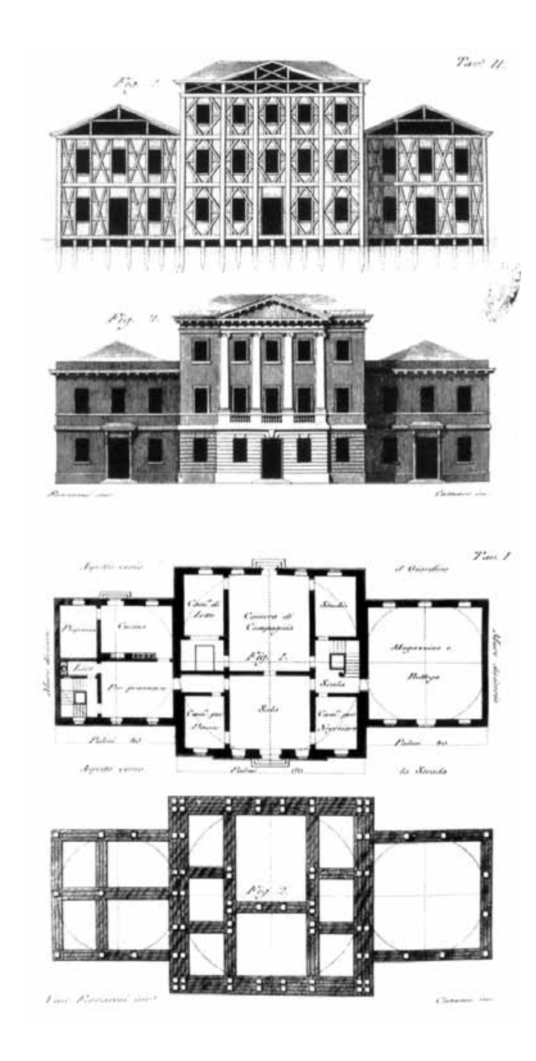
Gravure du XVIIIe siècle représentant un tremblement de terre provoqué par l'exhalation de vapeurs souterraines.



Tours antisismiques conçues par Valadier à Rimini.



Modèle d'une cage Pombal.



La « hutte » de Vivenzio.

des caractéristiques structurelles différentes en fonction des régions, alors que les règles de la construction sont essentiellement les mêmes (dimension des éléments, qualité et type de réalisation, texture des façades, qualité et quantité des mortiers, connexions et homogénéité).

La nature monolithique des murs creux fournit une bonne résistance aux pressions dynamiques. En réalité, chaque partie doit être reliée à une autre afin d'avoir un comportement de type « boîte » évitant les glissements verticaux qui réduisent généralement la capacité de stabilisation du poids contre la poussée horizontale.

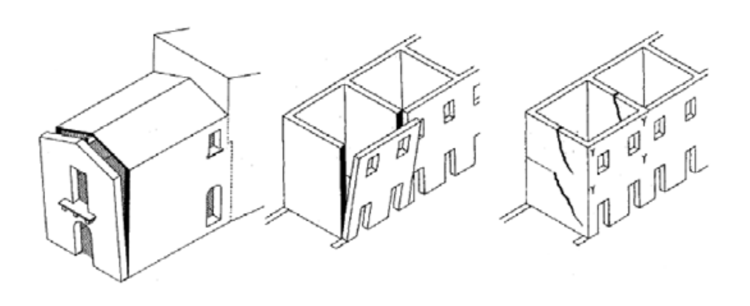
Outre les connexions réalisées entre chaque élément de la construction, de bonnes connexions entre les divers éléments doivent être effectuées dans l'ensemble de la structure (mur-mur, mur-plancher, mur-toiture) afin de limiter les déformations en cas de pressions et d'éviter les battements provoqués par le balancement des structures, à un moment différent pour chacune.

Selon Rondelet, « les naturistes ont remarqué qu'en essence les corps des êtres humains sont disposés de sorte que les os ne se détachent jamais les uns des autres. De même, les ossatures doivent être reliées à d'autres ossatures et renforcées par des nerfs et des ligaments. De la sorte, chacune des ossatures peut résister par elle-même, grâce à la solidité de sa propre membrane, même si un autre élément est défaillant. »[8]

En cas de secousse sismique, ces « ligaments » servent à donner à l'ouvrage de maçonnerie un comportement de type « boîte » (pour utiliser une définition moderne), essentiel pour renforcer et/ou améliorer la résistance sismique. Le comportement de type boîte, également assuré par des connexions des parties supérieures (bandeaux saillants), peut permettre aux différents éléments de résistance d'échanger les pressions sismiques horizontales et à l'ensemble du bâtiment de réagir de façon globale grâce à la collaboration et la distribution des pressions exercées sur les différentes parties.

En réalité, les connexions servent à freiner la rotation des murs (façades des bâtiments) et à transmettre l'action aux murs perpendiculaires afin qu'ils se lézardent dans leur plan.

Si les règles habituelles de construction ne permettent pas de réaliser ces connexions, l'utilisation d'entraits métalliques peut s'avérer très utile. Militia indique qu'« Autrefois, les murs étaient maintenus en place au moyen de longues poutres en bois les traversant et fonctionnant en chaîne sur l'épaisseur de la construction. Ainsi, le mur était renforcé par lui-même et relié solidement aux autres murs. Le bois d'olivier, qui ne s'endommage pas avec le passage du temps, était très utilisé pour cette fonction. En effet, il est plus efficace que les chaînes en fer largement utilisées de nos jours. »[9] Dans le cadre des bonnes techniques de construction, l'efficacité des entraits métalliques indique la capacité de créer ou de recréer une connexion solide entre les



Mécanismes types de bâtiments dans les centres historiques (Giuffrè, 1993).

structures horizontales et verticales, ce qui peut également être obtenu grâce à une disposition appropriée et une structuration correcte des planchers. Les murs et les planchers en bois ou en fer doivent être reliés pour que les poutres puissent réaliser une action de connexion et ainsi empêcher les murs de tourner vers l'extérieur, et pour que les étrésillons permettent d'éviter que les murs ne s'écroulent vers l'intérieur. Par ailleurs, les planchers doivent être suffisamment rigides pour distribuer uniformément leur poids sur les murs et pour répartir les pressions sismiques proportionnellement à la rigidité des ouvrages en maçonnerie. Une connexion efficace entre les éléments porteurs et les murs, au lieu d'un simple support provoquant le non-filetage et le battement des murs, peut permettre d'obtenir ce résultat.

Référénces

Baratta, M. (1901). *I terremoti d'Italia,* 1901. Arnaldo Forni Editore.

Batoli G., Blasi C. (1997), *Masonry structures, historical buildings and monuments*, chapitre 11 de l'ouvrage Computer analysis and design of earthquake resistant structures – A handbook (Advances in earthquake engineering, vol. 3), édité par D. E. Beskos & S. A. Anagnostopoulos, p. 563-606, Computational Mechanics Publications.

Binda L., Gambarotta L., Lagomarsino S., Modena C. (1999), *A multilevel approach to the damage assessment and the seismic improvement of masonry buildings in Italy*, in Seismic Damage to Masonry Buildings (A. Bernardini éd.), tiré de l'atelier international Mesures contre les dommages sismiques dans les bâtiments en maçonnerie, Monselice, Padoue, Italie, 25-26 juin 1998, A.A. Balkema, Rotterdam, p.179-194.

Carocci C. (2001), *Guidelines for the safety and preservation of historical centres in seismic area,* IIIe Séminaire international sur l'analyse structurelle des constructions historiques, Université de Minho, Guimarães (Portugal), 7-9 novembre 2001, p. 145-165.

De Tommasi G., Monaco P., Vitone C. (2003), *A first approach to the load path method on masonry structure behaviour*, in Brebbia, C. A. (Éds.), Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture VIII - Wessex Institute of Technology, WIT Press, Southampton (Royaume-Uni) – ISBN : 1.85312.968.2.

Giuffrè A. (1993), *Sicurezza e conservazione dei centri storici: Il caso Ortigia*, éd. Laterza, Bari.

Giuffrè A., Carocci C. (1996), *Vulnerability and mitigation in historical centres in seismic areas. Criteria for the formulation of a Practice Code*. Texte tiré de la 11e Conférence mondiale sur le génie parasismique, Acapulco, Elsevier Science Ltd.

Giuffrè A., Carocci C. (1997), *Codice di pratica: per la conservazione dei Sassi di Matera*, Matera, La Bautta.

Giuffrè A., Carocci C. (1999), *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo* - Laterza, Bari.

Grunthal G., Musson R. M. W., Schwarz, J. & Stucchi, M. (1998), *European Macroseismic Scale 1998* (EMS-98), Commission sismologique européenne, groupe de travail sur les échelles macrosismiques, Luxembourg.

Karaesmen, E., Unay, A. I., Erkay, C., Boyaci, N. (1992), *Seismic behaviour of old masonry structures*. Texte tiré de la 10e Conférence mondiale sur le génie parasismique. A. A. Balkema, vol. VIII : 4531-4536.

Masciari Genovese F. (1915), *Trattato di costruzioni antisismiche*, Milan.

Rondelet J. (1802), *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, Paris.

Shrive N. G., Sayed-Ahmed E. Y., Tileman D. (1997), *Creep analysis of clay masonry assemblages,* Revue canadienne de génie civil, nº 24, p. 367-379.

Siviero, E., Barbieri, A., Foraboschi, P. (1997), *Lettura strutturale delle costruzioni*. Città Studi Edizioni.

---

1 *("… così adunque né l'acqua, né il fuoco, ma il vapore sarebbe cagione dei terremoti, quando accade che scorra al di dentro ciò che esala al di fuori …").*

2 *("fogne e spessi pozzi").*

3 A. Favaro, *"Intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti"*, Tip. Grimaldo, Venezia 1874. (*"… l'entusiasmo destato dall'aspetto dei fenomeni elettrici fece sì che tutto ciò di cui non si sapeva dare una adeguata spiegazione, venisse attribuita al fluido, o come si diceva allora al vapore elettrico, e quindi anche i terremoti venissero riguardati come un fenomeno, la cui causa era da riconoscersi esclusivamente nell'elettricità …"*).

4 Menées par Leibnitz, Kepler et Newton.

5 ("*… le viscere della terra in molti punti inzuppate di aliti sulfurei e bituminosi i quali mescolati col nitro o in altra guisa prendono fuoco e si dilatano in forma che non potendo capire, in quelle cavità dove si ritrovano, inchiusi a principio spezzino o tentino di spezzare gli opposti ostacoli il che da cagione al tremore del terreno …*").

6 Mallet, "*Il grande terremoto napoletano del 1857*".

7 G. Vivenzio, "*Istoria e teoria de' tremuoti, ed in particolare di quelli della Calabria e di Messina del 1783*", Naples 1783.

8 J. Rondelet, Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, Paris 1802. ("*i naturisti hanno notato che in natura i corpi degli esseri animati risultano strutturati in modo tale che le ossa non restino in nessun punto staccate tra loro. Allo stesso modo le ossature saranno da riunire alle ossature, ad esse tutte da rafforzare nel modo più opportuno con nervi e legamenti; sicchè la successione delle ossature, collegate tra loro, risulti tale da resistere da sola, quand'anche ogni altro elemento venisse a mancare, perfettamente conchiusa nella solidità della sua membranatura*").

9 F. Milizia, *Principi di architettura civile*, Finale Ligure 1781, parte III, chap. I, p. 102. ("*gli antichi per meglio mantenere i muri li attraversavano di tratto in tratto con lunghi travi di legno, che servivan da catene, le quali prendevano tutta la grossezza del muro, che rimaneva perciò fortificato in se stesso e meglio collegato agli altri muri. Si adoperava a questo effetto legno di ulivo, che non viene come gli altri danneggiato dalla calce, e sembra preferibile alla catene di ferro, di cui si fa ora tanto abuso*").

La carte euro-méditerranéenne des dangers sismiques

María-José Jiménez
Docteur chercheur
Institut des Sciences de la Terre Jaume Almera – C.S.I.C., Barcelone, Espagne

Le danger sismique est défini comme étant le niveau probable de tremblement du sol associé à la récurrence des tremblements de terre. L'évaluation du danger sismique est le premier pas dans l'évaluation du risque sismique, obtenue par la combinaison du danger sismique, des conditions locales du sol et des facteurs de vulnérabilité (type, valeur et âge des bâtiments ou infrastructures, densité de population, usage de la terre). Les tremblements de terre fréquents et importants dans des zones lointaines et isolées résultent en un grand danger sismique mais ne présente pas de risques ; au contraire, les tremblements de terre modérés dans des zones densément peuplées présentent peu de danger mais des risques élevés.

La minimisation de la perte de la vie, des dommages causés aux propriétés ainsi que des ruptures sociales et économiques dus aux tremblements de terre dépend des estimations sérieuses qui peuvent être faites du danger sismique. Les gouvernements nationaux, régionaux et locaux, les preneurs de décisions, les ingénieurs, les planificateurs, les organisations de réponse aux urgences, les constructeurs, les universités ainsi que le grand public ont tous besoin d'évaluations sérieuses quant au danger sismique pour la planification de l'usage des terrains, l'amélioration de la conception et de la construction des bâtiments (y compris l'adoption de codes de construction), pour les plans de l'état de préparation des réponses aux urgences, pour les prévisions économiques, pour les décisions quant au logement et à l'emploi ainsi que pour beaucoup d'autres types d'atténuation des risques.

Les éléments de base de l'évaluation des probabilités du danger sismique moderne peuvent être regroupés en quatre catégories principales : Catalogue de tremblements de terre, Modèle de source de tremblements de terre, Grands mouvements sismiques du sol, Évaluation du danger sismique.

Le danger sismique décrit les niveaux de mouvements du sol choisis qui devraient probablement, ou ne devraient pas, être dépassés dans des temps d'exposition spécifiques. Les cartes de danger spécifient habituellement 10 % de possibilités de dépassement (90 % de possibilités de non dépassement) de certains paramètres de mouvement du sol pour un temps d'exposition de 50 ans, correspondant à une période de retour de 475 ans. La carte des dangers sismiques dans la région euro-méditerranéenne qui a été publiée présente le pic d'accélération du sol avec 10 % de possibilités de dépassement en 50 ans pour une condition de sol ferme. Le pic d'accélération du sol, paramètre de mouvement du sol à courte période qui est proportionnel à la force, est le paramètre de mouvement du sol le plus communément élaboré et les codes de construction actuels qui comprennent des dispositions antisismiques spécifient la force horizontale qu'un bâtiment devrait être capable de supporter pendant un tremblement de terre. Les mouvements du sol à courte période affectent les structures avec des vibrations de résonnance à courte période correspondante (c'est-à-dire des bâtiments de un à trois étages, soit la plus grande classe de structures au monde).

Les couleurs de la carte choisies pour indiquer le danger correspondent grossièrement au niveau réel du danger ; les couleurs les plus froides représentent les plus faibles dangers alors que les couleurs les plus chaudes représentent les dangers les plus importants. Plus précisément, les couleurs allant du blanc au vert correspondent à un faible danger (0-8 % g, où g est égal à l'accélération de la gravité), jaune et orange au danger modéré (8-24 % g), et les rouges au danger le plus élevé (> 24 % g).

Le modèle unifié de danger sismique CSE-SESAME est le résultat des efforts combinés de groupes de recherche multidisciplinaires sur les sismotectoniques, les catalogues de tremblement de terre, et l'évaluation du danger pendant plus de dix ans au sein d'un cadre de projets, de programmes et d'initiatives de coopération à niveau international.

La carte est l'un des résultats possibles qui peut être généré par une procédure homogène pour l'évaluation du danger sismique pour la région euro-méditerranéenne telle qu'elle est développée dans deux principaux projets : le Programme international de corrélation (UNESCO IGCP-382 projet SESAME) et la Commission sismologique européenne (CSE). Ce modèle de danger sismique unifié CSE-SESAME permet aussi de définir différents mouvements de sol et d'accélération spectrale correspondant à des portions de la longueur de bande d'énergie émise par un tremblement de terre et pour différentes périodes de retour et de conditions du sol. Le pic d'accélération du sol tel qu'il est décrit dans la carte et 0,2 d'accélération spectrale correspondent à de l'énergie à courte période qui aura les pires effets sur les structures de période courte (les immeubles allant jusqu'à sept étages environ). Les cartes d'accélération spectrale de plus longues périodes (1,0 s, 2,0 s, etc.) indiqueraient le niveau de tremblement de terre qui aura le plus grand effet sur des structures de plus longue période (immeuble de dix étages et plus, ponts, etc.).

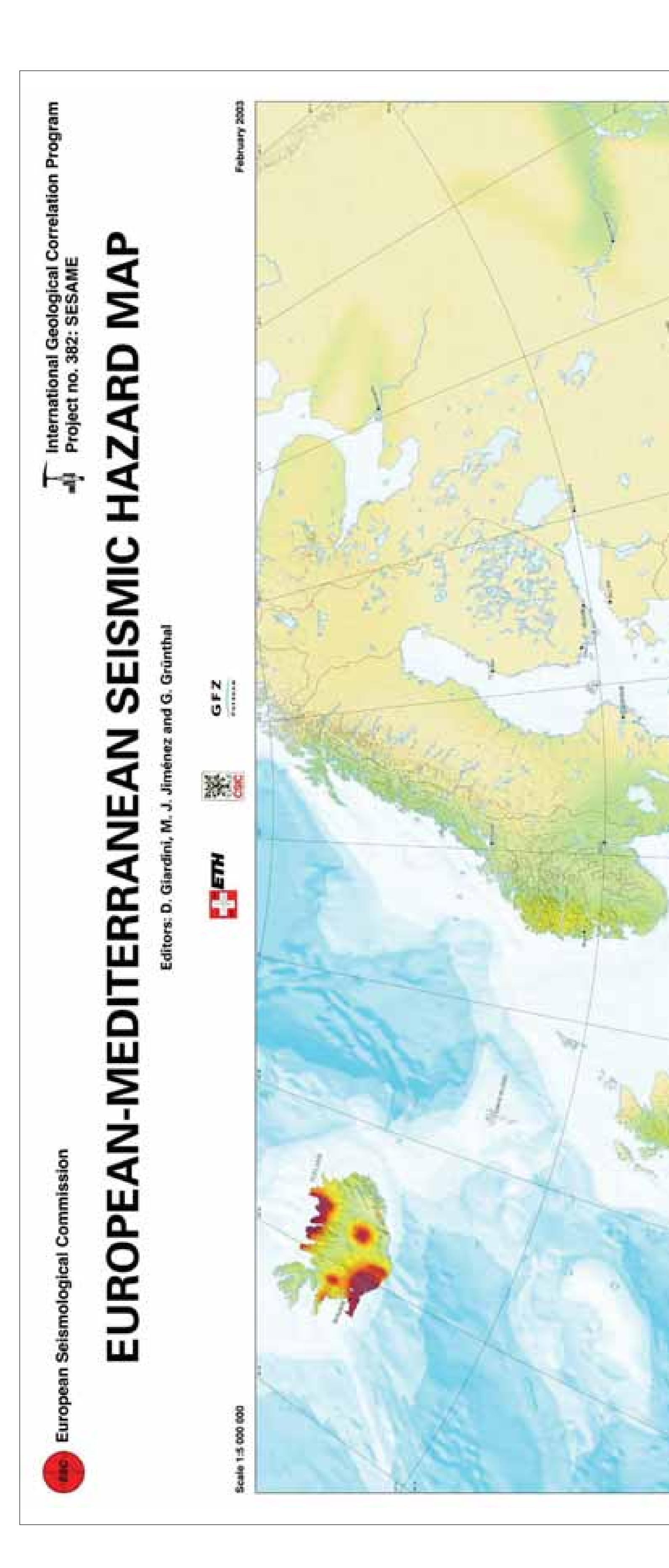
Le modèle unifié CSE-SESAME permet aussi de générer des cartes pour différentes périodes de retour, par exemple 72 ans (50 % / 50 ans) qui est une estimation non prudente qui est souvent

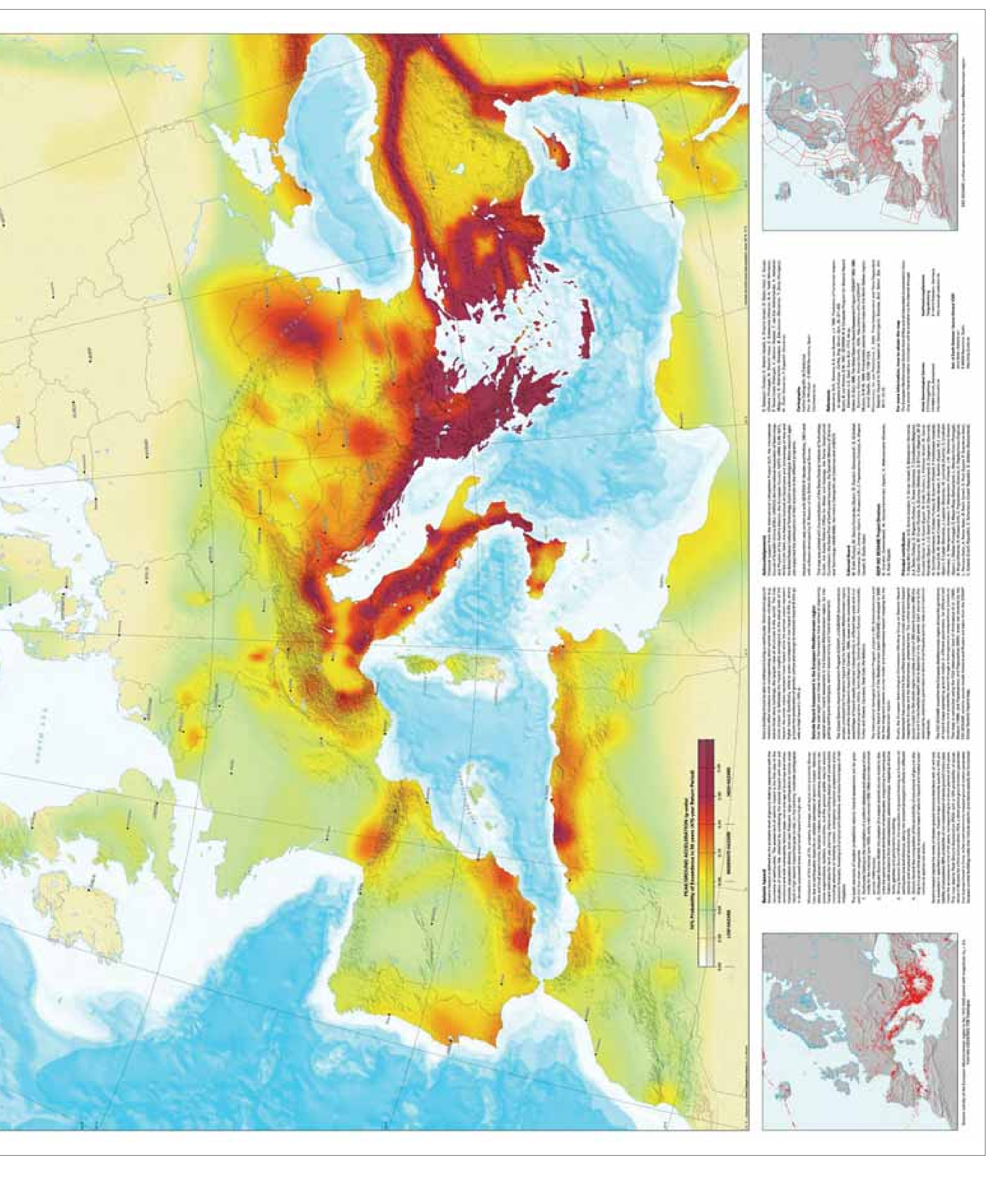
5

utilisée pour la durée de vie d'utilisation d'un immeuble ou la période de retour de 4275 ans (2 % / 50 ans) qui est le standard récemment établi pour les codes de construction et qui comprend de très rares tremblements de terre importants. Les valeurs de la période de retour 475 (10 % / 50 ans) telles qu'elles sont présentées dans la carte reflètent un degré standard de prudence qui comprend de rares tremblements de terre importants et a été employé de manière presque universelle par les codes de construction au cours de ces dernières décennies.

Le modèle unifié de danger sismique CSE-SESAME pour l'Europe et la Méditerranée constitue un cadre de danger sismique pour la région en termes de pic d'accélération du sol et d'accélération spectrale dont les séismologues, les géologues, les ingénieurs des tremblements de terre et les architectes peuvent en tirer profit comme lignes directrices générales. Cependant, il faut insister sur le fait que les évaluations des mouvements du sol dans la carte des dangers sismiques euro-méditerranéenne fournissent une vue d'ensemble raisonnable et cohérente des dangers sismiques à l'échelle de la région mais ne fournissent pas de détails adéquats pouvant servir de base pour concevoir des valeurs ou des stratégies et des décisions d'atténuation locale.

La carte (http://wija.ija.csic.es/gt/earthquakes/) a reçu le Prix d'Excellence en Cartographie 2003 de l'International Cartographic Association (ICA), dans la section des cartes scientifiques de l'Exposition internationale des Cartes au 21e Congrès cartographique international qui s'est tenu à Durban, en Afrique du Sud, du 10 au 16 août 2003.





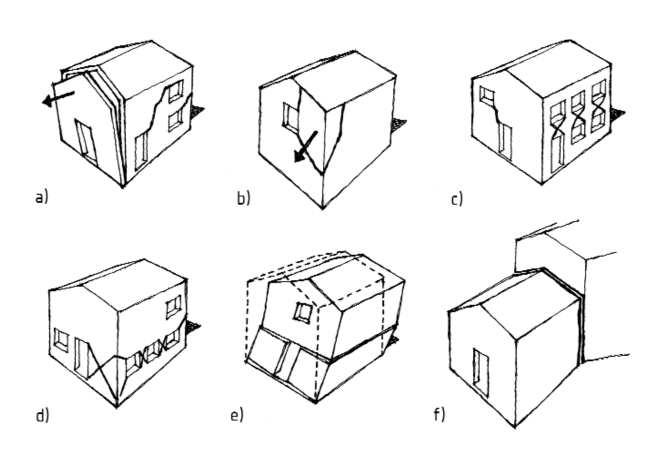
Le comportement sismique des constructions traditionnelles de murs de maçonnerie

Pere Roca Fabregat
Docteur ingénieur des Ponts et Chaussées
Professeur au Département d'Ingénierie de la Construction à l'École technique supérieure des Ingénieurs des Ponts et Chaussées de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Introduction

Les constructions de murs porteurs constituent une partie très substantielle du patrimoine architectural et culturel. Dans ce contexte, ce ne sont pas seulement les bâtiments classés comme éléments du patrimoine architectural qui sont importants, les ensembles de bâtiments des noyaux anciens ou historiques présentent aussi une grande importance dans la mesure où ils contribuent à enrichir l'identité culturelle d'un village ou d'une scène urbaine. Y compris lorsque ces ensembles ne disposent pas d'une mention explicite en tant que patrimoine architectural, il faut reconnaître leur contribution à l'héritage culturel et leur capacité à contribuer, de même que les monuments emblématiques, à l'apparition d'une importante économie secondaire associée au tourisme culturel. En plus de cela, les constructions de murs porteurs se maintiennent en usage et se sont pleinement insérées dans l'économie du logement. L'implantation de critères de durabilité et de respect de l'environnement (en rendant préférable la réhabilitation par rapport à la construction neuve dans la mesure où elle suppose une consommation bien moindre de ressources non renouvelables et une moindre production de déchets) a donné lieu à une revalorisation économique et sociale de ces constructions.

Tous les pays de la Méditerranée sont sujets, dans une plus ou moins grande mesure, à un certain danger sismique. De ce fait, il est nécessaire d'analyser la capacité des ouvrages de maçonnerie à résister aux tremblements de terre et d'entrevoir, en cas de besoin, de possibles stratégies pour améliorer leur réponse sismique. Dans le cas de bâtiments de valeur patrimoniale, les principes de la conservation architecturale rendent préférables les formes d'intervention respectueuses de la morphologie et de la nature résistante de la structure. C'est la raison pour laquelle, la possible restauration ou réhabilitation de ces bâtiments doit prendre en compte des formes d'intervention qui concilient, dans la mesure du possible, l'amélioration du comportement avec le maintien des caractéristiques matérielles et structurelles originales du bâtiment.



1. Possibles mécanismes de défaillance dans un bâtiment de maçonnerie caractérisés par (a) l'effondrement de la façade, (b) l'effondrement d'un angle, (c) la fissuration diagonale des rebords, (d) la fissuration de contreforts verticaux, (e) la séparation de la base des murs (mécanisme de balancement ou rocking motion) et (f) la séparation ou la fissuration dans l'union entre les bâtiments.

Le comportement sismique des bâtiments de murs de maçonnerie

Le bâtiment de structure de murs porteurs constitue un système complexe dont la stabilité vis-à-vis des actions verticales et horizontales est le résultat du travail d'ensemble de divers éléments constructifs (murs porteurs, murs de liaison et planchers). Ces éléments collaborent de manière non redondante à la stabilité globale, de telle manière que la défaillance individuelle de l'un d'entre eux peut facilement affecter les autres éléments en produisant un effondrement en cascade de tout ou partie de la structure. Les murs porteurs présentent habituellement une sveltesse importante ou même (comme dans la zone de l'« Eixample » de Barcelone) extrêmement importante. Dans la plupart des cas, les murs ne sont pas stables par eux-mêmes et ils ont besoin de l'action stabilisante des murs de liaison ainsi que des planchers pour se maintenir debout. La défaillance individuelle d'un ou de plusieurs murs porteurs, ou la chute des planchers, peut avoir pour résultat immédiat la déstabilisation et la chute des autres murs porteurs ou de liaison. La défaillance d'un ou de plusieurs murs porteurs entraîne comme conséquence la chute des planchers, ce qui à son tour peut être la cause de la déstabilisation d'autres murs préalablement appuyés sur les planchers. Le système structurel résultant est délicat et certainement vulnérable aux actions extraordinaires telles que les incendies, les tremblements de terre, les ouragans ou les explosions. En cas d'entretien déficient ou même d'abandon, la détérioration des planchers (par pourriture dans le cas des poutres de bois ou par corrosion dans celui des poutres métalliques) peut

aussi occasionner leur défaillance et, en conséquence, la perte de leur action stabilisante sur les murs porteurs et de liaison.

Face aux actions horizontales des séismes et des ouragans, les murs peuvent répondre en développant des efforts de cisaillement dans leur plan dans tous les cas où ils sont stabilisés de manière adéquate grâce aux murs de liaison et aux planchers. Cette résistance demeure sensible y compris après la fissuration et le glissement le long des joints de mortier grâce au frottement résiduel qui se développe dans ceux-ci.

L'union entre le plancher et les murs se produit par appui direct, et il n'existe normalement aucun type d'ancrage ni de renfort qui empêche la séparation ou le glissement entre les deux ; le seul mécanisme qui empêche le glissement, dans la pratique, est le frottement qui peut se développer à la surface de contact.

Même lorsque le système de murs sollicités par le cisaillement dans le plan est suffisant pour résister au tremblement de terre, une union déficiente entre murs et plancher peut être à l'origine d'un effondrement précoce faisant suite à la déstabilisation d'un mur perpendiculaire au plan d'action des forces horizontales. La chute de ce mur entraînera l'effondrement des planchers et, en conséquence, la déstabilisation des murs parallèles aux murs porteurs, générant ainsi un effondrement complet.

Une union bien stabilisée entre murs perpendiculaires est essentielle pour garantir le maintien de la stabilité des murs sollicités par le cisaillement dans le plan pendant le séisme. Cependant, cette union est fragile et elle peut se rompre facilement du fait d'effets thermiques, d'assises différentielles, ou pendant le séisme lui-même. Dans certains cas (comme dans de nombreux immeubles de l'« Eixample » de Barcelone), les murs perpendiculaires ont été construits sans liaison effective, maintenant entre eux un contact simple « en butoir », qui n'est pas pleinement efficace face à un tremblement de terre.

Ces considérations entraînent à imaginer ce type de bâtiments comme des systèmes spécialement délicats et vulnérables à l'action sismique. De ce point de vue, il faut remarquer que les normes sismiques de nombreux pays (et notamment la réglementation espagnole NCSE-02) introduisent des conditions très strictes par rapport à l'usage de cette typologie structurelle dans les endroits sensiblement sismiques (par exemple, en limitant le nombre de hauteurs à 4 pour l'accélération sismique de base de 0,08 g et à seulement 2 pour l'accélération sismique égale ou supérieure à 0,12 g) en plus d'exiger la disposition de détails constructifs contraignants ou étrangers à la construction traditionnelle.

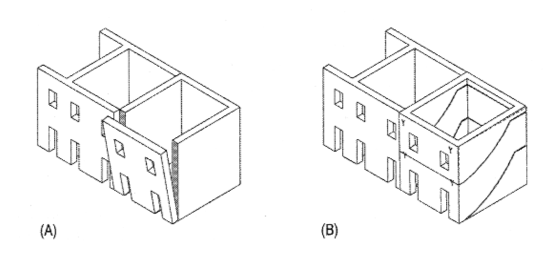
Le comportement sismique des constructions traditionnelles

Les raisonnements précédents partent d'une compréhension rationnelle de la relation qui existe entre les composantes de la structure et leur réponse conjointe. Toutefois, ces arguments ignorent la réalité quant à l'exercice réel et aux possibilités de résistance effective démontrées par les constructions traditionnelles. L'existence d'un héritage massif dans ce type structurel, y compris dans des pays fortement sismiques tels que l'Italie ou la Grèce, entraîne logiquement à penser que, même

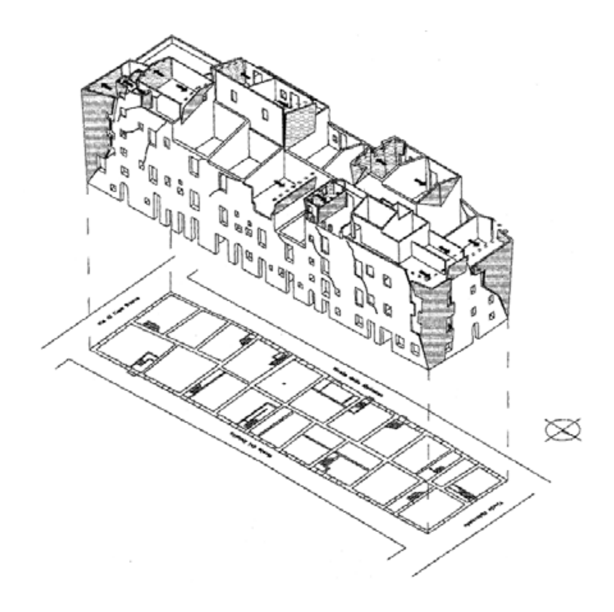
A	B1	B2	C	D	E	F
VERTICAL OVERTURNING	OVERTURNING WITH 1 SIDE WING	OVERTURNING WITH 2 SIDE WINGS	CORNER FAILURE	PARTIAL OVERTURNING	VERTICAL STRIP OVERTURNING	VERTICAL ARCH

G	H	I	L		
		FURTHER PARTIAL FAILURES		ASSOCIATED FAILURES	
HORIZONTAL ARCH	IN PLANE FAILURE	VERTICAL ADDITION	GABLE OVERTURNING	ROOF/FLOORS COLLAPSE	MASONRY FAILURE
					Insufficient cohesion in the fabric

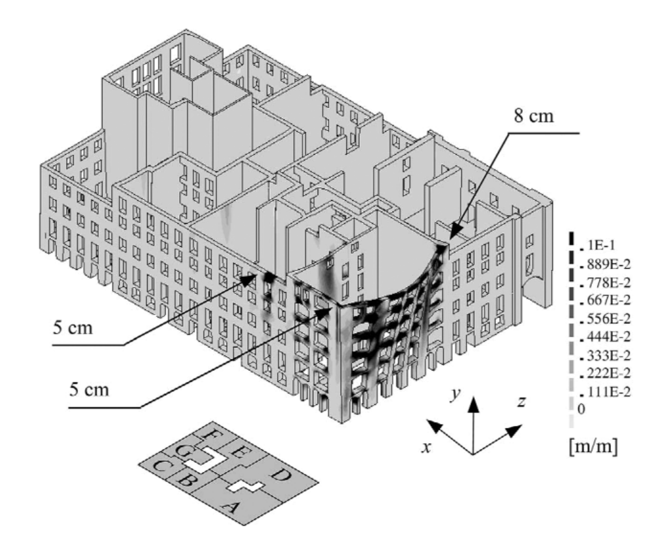
2. Possibles mécanismes de rupture dans des bâtiments faisant partie d'un ensemble (D'Ayala et Speranza, 2002).



3. (A) Mode fondamental de défaillance et (B) mode souhaitable dans des bâtiments ayant une façade fixée à l'aide de tirants (Carocci, 2001).



4. Types de dommages sismiques estimés pour un immeuble du centre historique de Palerme (Carocci, 2001).



5. Analyse à l'aide d'un modèle d'analyse informatique de la réponse sismique d'un bâtiment dans un ensemble de bâtiments du noyau historique de Baixa Pombalina de Lisbonne (Ramos et Lourenço, 2004). Estimation des déplacements maximums.

avec les faiblesses identifiées dans le chapitre précédent, ces bâtiments peuvent présenter des prestations relativement satisfaisantes face au séisme. Entre autres aspects, il faut tenir compte de l'adaptation qui s'est produite, sans le moindre doute, en termes historiques, entre la sollicitation sismique et la capacité à affronter une telle sollicitation de la part des types structurels locaux. Divers paramètres tels que, en particulier, l'épaisseur des murs, la hauteur des bâtiments, l'organisation structurelle de l'ensemble ou les divers détails constructifs, ont évolué pour donner lieu à une réponse adaptée à la sismicité de chaque localisation géographique.

L'étude systématique détaillée de la réponse des structures traditionnelles de maçonnerie en Italie, tout spécialement après le tremblement de terre d'Umbria-Marche en 1997, a permis d'avoir une vision un peu plus précise quant au comportement véritable de ces structures. Cette expérience a permis de démontrer qu'il existe, effectivement, une certaine adaptation entre la technologie constructive et la sollicitation sismique locale, dont la conséquence est une capacité réelle des constructions traditionnelles à affronter les séismes d'intensité moyenne ou moyenne-forte sans subir de destruction. Selon ce qui a été observé en Italie, après divers tremblements de terre, les bâtiments de facture traditionnelle qui ont subi des dommages importants ou même une destruction avaient déjà, préalablement au séisme, des déficiences telles que des défauts de construction, ou bien qu'ils se trouvaient dans un état avancé de détérioration du fait de leur abandon, ou bien encore qu'ils avaient subi des transformations inadéquates. Les structures qui ont subi le tremblement de terre sans destruction et avec des dommages très limités présentaient en revanche une bonne facture et avaient conservé leurs traits constructifs traditionnels. Il semble que l'on puisse conclure qu'une structure traditionnelle bien construite et bien entretenue, en cohérence avec les techniques et les procédés traditionnels, peut résister à des tremblements de terre de moyenne intensité.

Toutefois, dans certains cas, la construction traditionnelle locale peut présenter des déficiences ou des insuffisances sismiques. Cela peut se produire, en particulier, dans des zones dans lesquelles ne s'est pas consolidée une certaine mémoire relative aux événements de ce type, ceux-ci ne s'étant produits que de manière très espacée dans l'histoire. Même dans ces cas-là, une certaine amélioration sismique est possible en introduisant des mesures correctrices qui, même si elles sont étrangères à la pratique traditionnelle locale, peuvent être réalisées au travers de procédures de bonne pratique de la construction de maçonnerie traditionnelle ou historique.

Dans les endroits seulement modérément sismiques, ou dans lesquels les derniers séismes qui se sont produits ont eu lieu à des époques très anciennes (ne parvenant pas à produire une mémoire ainsi qu'un impact dans les techniques constructives), les bâtiments peuvent présenter des limitations très importantes de la résistance comme résultat d'une technique constructive

traditionnelle ou historique qui ne prête pas une attention suffisante, malgré de possibles vertus, aux besoins de résistance latérale. On peut dire que c'est précisément le cas de nombreux bâtiments situés dans la péninsule Ibérique. Particulièrement, diverses études réalisées en rapport avec les bâtiments de murs porteurs de l'« Eixample » de Barcelone ont montré qu'ils constituent des constructions hautement vulnérables même face à des tremblements de terre modérés en principe possibles sur le territoire catalan (Barbat et Cardona, 2002 ; Bonett et al., 2003 ; Penna et al., 2004).

Réponse de la résistance et modes de défaillance

Conformément à ce qu'écrit Carocci (2001), il est possible de reconnaître dans les structures traditionnelles un modèle implicite résultant de l'expérience constructive d'une certaine période et de la culture locale. Le logement traditionnel se compose d'une structure de maçonnerie organisée en cellules superposées formant des unités de divers étages. La structure résulte de la juxtaposition d'éléments constructifs simples ; le bâtiment (maison) peut être compris comme un assemblage de structures grossièrement superposées, de telle manière que les murs constituent la cellule de maçonnerie et les éléments horizontaux donnent les planchers et la couverture.
Cette manière de juxtaposer est à l'origine d'un manque de connexion robuste entre les parties ; la conséquence de ce défaut est une fragilité de l'ensemble face à l'action sismique. Les composantes de forces horizontales dues à l'action sismique poussent les murs qui enveloppent le bâtiment vers l'extérieur, de manière orthogonale à son plan, et à partir d'une certaine valeur, pour provoquer sa rupture (Giuffrè, 1995).
Ces constructions traditionnelles se caractérisent en outre par leur capacité à s'adapter aux modifications. Cette capacité résulte du caractère modulaire des matériaux les composant : tous ces matériaux peuvent en effet être démantelés et substitués par parties, y compris les murs. Dans l'entretien de ces bâtiments, la réparation ou la substitution de pierres ou de blocs détériorés est une pratique normale.
Ce modèle fondamental peut vivre des variations sensibles en fonction des matériaux localement disponibles, des aspects culturels locaux, ou encore d'autres facteurs. Dans la construction urbaine, ce modèle voit des transformations sensibles afin de s'adapter à la complexité de la trame urbaine ou aux caractéristiques morphologiques du terrain. Même de cette manière, les systèmes constructifs tendent à reproduire des schémas et des comportements récurrents.
Le mode de défaillance le plus fréquemment observé dans les analyses de bâtiments affectés par le séisme en Italie est constitué par l'effondrement des murs. C'est le mode qui détermine, en première instance, la vulnérabilité des constructions de ce type (figure 3a). Ce mode de défaillance a été prévenu de tout temps par l'amélioration des liaisons de la façade avec le reste de la structure grâce à des tirants. Dans ce cas, la stabilité de la façade en cas de séisme implique les murs qui lui sont perpendiculaires, lesquels résistent à l'action sismique en travaillant de manière efficace dans son plan ; lorsque la résistance de ces murs est dépassée, des fissures diagonales apparaissent au travers desquelles le système formé par la façade et le triangle supérieur de ces murs se sépare du reste de la structure (figure 3b). À la différence du premier mode de défaillance, qui entraîne toujours l'effondrement, ce deuxième mode ne détermine pas nécessairement une défaillance complète, même s'il est habituellement accompagné de dommages ostensibles.

En fonction des caractéristiques matérielles et organisationnelles propres de chaque bâtiment, ainsi que des caractéristiques de l'action sismique (direction d'incidence), d'autres formes de rupture sont possibles. À titre d'exemple, la figure 1 présente divers mécanismes réellement observés dans des bâtiments affectés par des tremblements de terre en Italie (Binda et al., 1999 ; Binda et al., 2003).
Dans les centres historiques, les bâtiments de maçonnerie tendent à former des systèmes structurels complexes formés par divers bâtiments structurellement connectés. Dans ces conditions, l'analyse d'un bâtiment isolé peut ne pas résulter suffisamment représentative, et il sera nécessaire de considérer, au moins, le système formé par le bâtiment en cours d'étude et ses bâtiments mitoyens. Ce système permet d'entrevoir des modes de défaillance tels que ceux qui sont illustrés par la figure 2 (Carocci, 2001).

Techniques d'analyse

Il est nécessaire de tenir compte du fait que certaines techniques conventionnellement utilisées pour le calcul de structures de murs porteurs peuvent ne pas être adéquates dans des bâtiments de caractère historique ou traditionnel. En particulier, la méthode de plans de rigidité, bien connue et jusqu'à présent très employée pour l'analyse de structures de maçonnerie (ou de béton armé) part de l'hypothèse que les planchers constituent des plans très rigides et parfaitement enlacés aux plans verticaux (murs porteurs ou écrans de béton). Dans les constructions de maçonnerie, cette hypothèse n'est réaliste que lorsque le plancher est formé par une dalle de béton ou bien lorsque, étant à base de poutrelles de bois ou d'acier, il dispose d'une couche supérieure de béton d'une épaisseur suffisante, adéquatement armée et liée aux éléments verticaux. En général, cela n'est pas applicable aux bâtiments traditionnels ou historiques de maçonnerie, dont les planchers sont de caractère peu monolithique et déformable dans le plan, en plus d'être appuyés de manière simple sur les murs.
Une attitude commune, dans le passé, a consisté à modifier la structure du bâtiment (en introduisant des chaînages et des

couches supérieures de béton armé) dans le but d'adapter la construction aux hypothèses du modèle de calcul. Cela supposait une forte transformation du bâtiment ainsi que l'inclusion d'éléments d'une rigidité très supérieure à celle des murs. Parallèlement, il faut savoir que cela pouvait être à l'origine d'effets contreproductifs face au séisme. De nouveau, l'observation des effets des séismes qui se sont produits en Italie il y a peu de temps a permis de constater que ce type d'intervention peut aussi augmenter la vulnérabilité sismique du bâtiment du fait du risque que les planchers ne poussent les murs et ne précipitent leur déstabilisation.

La visualisation des modes de défaillance réellement observés suggère une approche distincte et plus cohérente avec la nature constructive et résistante de ces bâtiments. Le bâtiment peut être analysé sur la base de la considération et de la formulation mathématique des possibles mécanismes de dommages grâce à la technique de l'analyse limite et à l'application des théorèmes plastiques. Étant donné l'expérience disponible (au moins en Italie), ces méthodes peuvent être calibrées en effectuant une analyse qualitative basée sur l'observation du comportement d'un nombre important de bâtiments de caractéristiques similaires (Binda et al., 1999 ; Binda et al., 2003). Cette méthode a d'ailleurs été récemment incorporée dans la réglementation sismique italienne O.C.P.M. (2005).

L'étude d'ensembles formés par des bâtiments ou de trames urbaines exige une approche plus générale du fait de la plus grande complexité du problème. L'observation des altérations ou des irrégularités (comme les vides ou les changements de hauteur) est essentielle dans ce cas. On agit en général, dans ce contexte, en étudiant les possibles types de dommages dus aux tremblements de terre d'une magnitude donnée et en considérant les caractéristiques des bâtiments type ainsi que les possibles variations ou altérations de la trame. L'analyse peut être réalisée à partir d'une approche qualitative (figure 4) ou bien à partir d'un calcul détaillé basé, par exemple, sur les techniques de calcul informatique modernes (figure 5).

Amélioration du comportement sismique

Dans la pratique, l'adaptation complète des structures traditionnelles aux standards de sécurité structurelle face au séisme que la réglementation exige pour les nouvelles constructions en béton et en acier peut conduire à une transformation et une défiguration très substantielle de la structure originale. Dans le cas de constructions traditionnelles ou historiques, cette transformation peut résulter incompatible avec la conservation de la valeur historico-culturelle du bâtiment, et elle peut être à l'origine d'une importante perte en termes d'héritage culturel. Cela se produit, en particulier, lorsque la structure originale est renforcée grâce aux éléments de béton, d'acier ou d'autres matériaux étrangers aux techniques constructives traditionnelles ou historiques. Or, en de nombreuses occasions, ces renforts ont été implantés de manière invasive et non réversible, et ils ont causé des dommages ainsi que des pertes irréparables dans la construction originale.

D'autre part, et comme nous l'avons mentionné précédemment, l'étude du comportement sismique de bâtiments préalablement renforcés, en Italie et après les tremblements de terre d'Umbría-Marche, a montré que les renforts de caractère étranger à la structure originale ont souvent un effet contreproductif dû au caractère hétérogène du complexe résultant. En particulier, on a observé que la substitution de planchers traditionnels par des dalles de béton sur des chaînages de béton dans des murs de maçonnerie peut donner lieu à une forme de renforcement peu efficace. Par ailleurs, cela peut même précipiter l'effondrement du bâtiment pendant le tremblement de terre.

Pour toutes ces raisons, la manière de comprendre l'amélioration sismique des bâtiments traditionnels a subi un important changement de modèle au cours de ces dernières décennies. On considère actuellement que la restauration structurelle découle de la connaissance des techniques constructives locales et de la reconnaissance de leurs possibles déficiences. La connaissance des procédés de construction locaux est fondamentale et doit guider le choix des interventions. Étant donné que, dans de nombreuses régions sismiques, les bâtiments de caractère traditionnel présentent une certaine adaptation à la sollicitation sismique locale, il est en général préférable de baser le renforcement précisément sur l'analyse des traits constructifs propres à ces constructions et d'éviter ainsi des solutions de renforcement qui leur seraient contraires. L'amélioration sismique est possible en réparant la détérioration et en récupérant la résistance originale, sans implanter d'éléments de renfort étrangers à la technologie constructive traditionnelle.

Dans certains cas, une certaine amélioration de la résistance aux séismes peut être nécessaire du fait du degré de détérioration atteint par le bâtiment par manque d'entretien ou du fait d'une facture constructive ou matérielle originellement déficiente. La nécessité du renfort peut aussi être due à ce que la tradition constructive locale ignore les nécessités de résistance sismique (comme on peut l'observer dans différentes zones de la péninsule Ibérique).

Même dans ces cas-là, des solutions de caractère compatible avec la construction traditionnelle ou historique et qui tendent à préserver une certaine homogénéité matérielle et organisationnelle sont préférables. Il est souhaitable que les interventions, avant d'altérer profondément la nature constructive et résistante des constructions, tendent plutôt à contrôler ou à relativiser les possibles faiblesses du bâtiment. L'intervention peut être conçue, en cohérence avec les techniques constructives traditionnelles ou historiques, pour contribuer à limiter les déformations subies au cours d'un tremblement



6. Utilisation de tirants dans un bâtiment à Bergame, Italie.

de terre ou éviter la séparation excessive entre les parties.
L'ancrage des façades ou bien l'union des murs aux planchers ou à d'autres murs à l'aide de tirants constitue, en particulier, une solution de caractère historico-traditionnel très efficace pour améliorer l'union entre les éléments sans produire d'hétérogénéités ni de modifications substantielles de la rigidité des éléments (figure 6). En général, les interventions doivent être orientée vers l'amélioration de la qualité des murs de maçonnerie et de leurs connexions (entre eux et avec les planchers), la réduction des poussées, la stabilisation des éléments vulnérables et la réduction des irrégularités structurelles. La technique qui consiste à rendre plus rigides les planchers afin qu'ils travaillent comme des diaphragmes rigides doit être considérée avec beaucoup d'attention, et elle exige en tout cas une compréhension claire des effets qu'elle peut produire dans le bâtiment. Conjointement à tout cela, il est essentiel de conserver une exécution très prudente et soignée.

Conclusions

L'étude des effets des séismes dans les constructions traditionnelles de murs porteurs, développée tout particulièrement à l'occasion du tremblement de terre d'Umbria-Marche, en Italie, a démontré que ces bâtiments présentent une certaine adaptation entre la technologie constructive et la sollicitation sismique locale, dont la conséquence est une certaine capacité pour affronter des séismes d'une intensité moyenne ou moyenne-forte sans risquer de destruction.
Toutefois, cette capacité peut être compromise lorsque le bâtiment présente des défauts constructifs ou matériels d'origine ou bien un état avancé de détérioration dû à son manque d'entretien. D'autre part, il faut reconnaître que, dans certaines régions géographiques (en particulier, dans la péninsule Ibérique), la culture constructive locale ne possède pas les nécessités de résistance face aux séismes du fait d'un manque de mémoire historique en rapport avec la possible occurrence de telles catastrophes. Dans ces cas-là, une amélioration de la résistance sismique peut être nécessaire. Y compris lorsque le bâtiment présente des déficiences, il est fondamental de baser l'amélioration sur une connaissance des procédés constructifs traditionnels ou historiques, et il est préférable que les interventions, avant d'altérer profondément la nature constructive et résistante du bâtiment, visent plutôt à contrôler ou à limiter leurs possibles faiblesses en maintenant une homogénéité et une uniformité constructives.

Références

NCSE-02. Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (2002), Ministerio de Fomento, Madrid.

Barbat, A. H., Cardona, O. D. (2002), Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico de edificios. Evaluación y Rehabilitación Estructural de Edificios. CIMNE, monographie nº 65, Barcelone, p. 325-340.

Binda, L., Gambarotta, L., Lagomarsino, S., Modena, C. (1999), A multilevel approach to the damage assessment and the seismic improvement of masonry buildings in Italy. Seismic Damage to Masonry Buildings, Monselice, Padoue, p. 179-194.

Binda L., Anzani A., Baila A., Baronio G. (2003), « A Multi-level Approach for Damage Prevention in Seismic Areas. Application to Historic Centres of the Western Liguria », Actes de la 9e Conférence sur la Maçonnerie en Amérique du Nord, Californie du Sud.

Bonett, R., Penna, A., Lagomarsino, S., Barbat, A., Pujades, L., Moreno R. (2003), « Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras de mampostería no reforzada. Aplicación a un edificio de la zona de l'Ensanche de Barcelona », Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, École polytechnique de l'Armée, Équateur, vol. 8, nº 2, p. 91-120.

Carocci, C. F. (2001), « Guidelines for the safety and preservation of historical centres in seismic areas », Actes de la 3e Conférence internationale sur les Structures historiques, Université du Minho, Guimaraes, p. 145-166.

D'Ayala, D., Speranza, E. (2002), « An integrated procedure for the assessment of the seismic vulnerability of historic buildings », 12e Conférence européenne sur l'Ingénierie des Tremblements de Terre, article nº 561, Londres.

Giuffré, A. (1995), « Vulnerability of historical cities in seismic areas and conservation criteria », Terremoti e civiltà abitabile, Annali di Geofísica, Bologne.

ORD. P. C. P. n° 3431 : Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, Conseil des Ministres, Rome.

Penna, A., Cattari, S., Galasco A., Lagomarsino, S. (2004), Seismic assessment of masonry structures by non-linear macro-element analysis. Structural Analysis of Historical Constructions IV, Balkema, Leyde.

Ramos, F., Lourenço, P. B. (2004), « Modelling and vulnerability of historical city centers in seismic areas: a case study in Lisbon », Engineering Structures nº 26, p. 1295–1310.



Outil 6
Comprendre les processus de dégradation des matériaux



Outil 6

Comprendre les processus de dégradation des matériaux

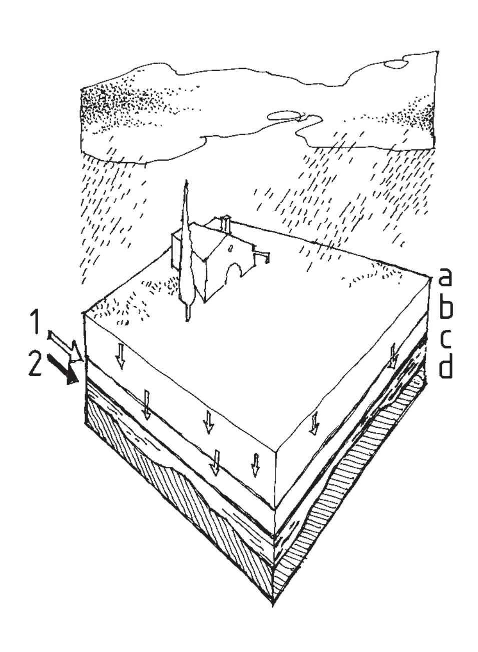
Reconnaissance des types d'humidité : causes et lésions produites

Soledad GARCÍA MORALES
Docteur architecte
Université polytechnique de Madrid, Espagne

Introduction

Le bâtiment de construction traditionnelle méditerranéenne n'est pas une construction imperméable ni étanche. Cette affirmation élémentaire peut servir de cadre de référence pour aborder brièvement l'étude des problèmes que l'eau peut produire lorsqu'elle est au contact de ce type de constructions. En effet, aussi bien les fondations que les murs ou les matériaux de couverture ont été conçus et exécutés au fil des siècles en tenant compte du fait que leurs matériaux pouvaient absorber l'humidité, ce qui impliquait qu'ils devaient aussi pouvoir la laisser s'évaporer. L'équilibre entre les deux flux (celui d'absorption et celui de désorption), qui est déterminé par les conditions climatiques et microclimatiques, est ce qui a constitué le succès d'une certaine solution typologico-constructive.

Quelles sont les *sollicitations hydriques* auxquelles est soumis l'ensemble du bâtiment et de ses éléments ? Une première classification divise les types d'humidité en fonction de l'origine de l'eau : vient-elle du terrain, de la pluie ou de l'usage ? Cette division peut cependant être davantage nuancée si l'on introduit le facteur du mode de pénétration : à pression ou sans pression, de manière intermittente ou constante, etc. Comme on le verra, cette nuance est intéressante parce que les critères d'intervention seront clairement orientés en fonction de la réponse que l'on obtiendra à ces questions.



Strates du terrain (1. Strate phréatique ; 2. Strate capillaire ; a. Zone d'imbibition ; b. Couche de terrain humide ; c. Eaux souterraines ; d. Terrain imperméable).

1. Humidité provenant du terrain

Les types les plus fréquents d'humidité provenant du terrain sont les suivants :

- l'eau de la nappe phréatique ;
- l'eau de la couche capillaire ;
- l'eau de la couche d'imbibition (eau de pluie absorbée par le terrain) ;
- l'eau de pluie coulant en surface qui filtre par le revêtement, donnant lieu à une « fausse » humidité du terrain ;
- les faux niveaux phréatiques, aussi connus comme « eaux perdues » ou « eaux dispersées ».

Pour définir complètement les états pathologiques éventuels dont ces formes de présence d'humidité sont à l'origine, il est tout d'abord nécessaire de définir les états de sollicitation, c'est-à-dire les facteurs que l'on va considérer comme des *charges hydriques* sur le terrain. Les plus fréquents sont les suivants :

- la quantité d'eau que le terrain contient ;
- la pression que l'eau exerce.

2. Quantité d'eau dans le terrain

Le mode normal pour exprimer la quantité d'eau du terrain est son contenu en eau exprimé en pourcentage, qui représente la masse d'eau par unité de masse de terrain sec :

$w = M_w / M_s$ (%)

Ce contenu est défini en mesurant la perte d'eau que subit le sol en le séchant pendant 24 heures dans un four à 105-110 ºC (Norme BS 1377). Ces valeurs oscillent en général autour de 5 %

pour le gravier et le sable, et autour de 50 % pour les terrains cohésifs de grain fin (argiles).

Une autre manière pour évaluer le degré d'humidité est le degré de saturation S_r. Il s'agit du pourcentage de trous du sol pleins d'eau par rapport au total du volume poreux de celui-ci. Le degré de saturation n'est pas un terme comparatif de certains sols par rapport à d'autres, mais il permet de mettre en rapport le contenu d'humidité avec la forme de la pénétration, parce que le degré de saturation augmente dans la mesure de l'importance de la pression avec laquelle l'eau est introduite au travers du terrain.

On utilisera indistinctement les deux expressions pour décrire les états de sollicitation.

3. Pression de l'eau dans le terrain

La pression de l'eau dans un terrain est exprimée par les termes de *pression de pore* (et avec l'unité n), qui est définie comme étant l'excès de pression dans le pore, au-delà de la pression atmosphérique.

4. Sollicitations dues au niveau de la nappe phréatique

Les sols situés sous le niveau de la nappe phréatique sont saturés, c'est la *strate saturée* : leur degré de saturation S_r est de 100 %. L'eau dans cette strate a une certaine pression et sera à l'origine, dans le cas où elle entrera en contact avec un élément constructif enterré, de sollicitations intenses dans lesquelles l'apparition des lésions pourra se produire avec un écoulement goutte à goutte ou par un ruissellement de l'eau sur le parement.

Les strates en contact avec la nappe phréatique s'humidifient par capillarité depuis celle-ci, ce sont *les strates mouillées*. Leur degré de saturation est proche de 100 % à la limite avec la nappe phréatique, et il décroit à mesure que l'on s'éloigne d'elle. Le degré dépend de nombreux facteurs (porosité, tension superficielle, etc.) : il y a des terrains peu capillaires, dont la zone mouillée a une faible épaisseur (terrains de gros grains et de trous supérieurs à 0,5 mm), alors que d'autres, dont les pores sont plus fins, contiennent de l'eau sur plusieurs mètres de profondeur.

La profondeur de cette zone de saturation partielle, *la zone capillaire*, constitue le *niveau capillaire*, et elle ne peut être mesurée que de manière approximative à l'aide de formules empiriques en fonction de la perméabilité K.

Au-dessus du niveau capillaire, il existe en outre une couche de terrain humide, qui ne contient pas d'eau liquide mais de la vapeur d'eau qui se diffuse dans l'atmosphère, c'est *la zone d'évaporation*. La teneur en humidité est continue, et elle présente des degrés de saturation décroissants vers l'extérieur. Il peut aussi y avoir une humidité discontinue sous forme de traces d'eau aux points de contact entre les grains.

En ce qui concerne les pressions d'eau dans ce type de sollicitation, on dit qu'il existe une pression lorsque le terrain est détrempé, c'est-à-dire en dessous du niveau de la nappe phréatique.

Au-dessus du niveau de la nappe phréatique, la strate capillaire s'humidifie par succion (pression négative) du fait de l'attraction superficielle entre le terrain et l'eau (tension inter-faciale).

Le niveau de la nappe phréatique en tant que sollicitation implique *une présence d'eau avec une certaine pression agissant sur une vaste zone des fondations ou sur les parties enterrées du bâtiment*. Il s'agit d'une sollicitation non ponctuelle en extension, et non occasionnelle en durée. Elle n'apparaît pas seulement aux moments de pluie, bien qu'une période de précipitations plus longues elle ait des répercussions sur l'augmentation du débit.

L'humidité provenant de la nappe phréatique apparaît généralement dès le moment de l'excavation, lorsque l'on atteint la strate de terrain saturé, et que l'eau commence alors à couler par la surface de ruissellement en inondant les tranchées. Ce type de lésions est fréquent dans les bâtiments proches de cours d'eau, ou construits précisément sur une couche aquifère superficielle. La nécessité fonctionnelle ou symbolique forçait à l'occasion à situer les constructions dans ces lieux, et évidemment l'humidité



Canaux et canalisations d'eau du niveau de la nappe phréatique dans un ermitage espagnol.

devenait un facteur permanent. C'est pour cela qu'il était fréquent de construire des systèmes de conduction et de drainage de ces courants, de telle manière que les lésions étaient réduites au minimum. La longue tradition permettait très souvent de domestiquer l'eau grâce à des inventions magistrales par leur simplicité et leur sagesse. Les galeries, puits, conduites, citernes, roues à eau, etc. ne sont que quelques noms d'éléments faisant partie d'une longue « culture de l'eau ». Nos ancêtres savaient bien que l'eau, si elle court, fait peu de dommages. De fait, les systèmes n'ont cessé de fonctionner qu'au moment où les engorgements, les déviations ou les ruptures ont gâché les solutions qui avaient été conçues à l'origine. Lorsque cela se produit, la proximité du niveau phréatique par rapport aux fondations enterrées ou au sous-sol peut se présenter sous diverses formes, qui seront les types de sollicitation que nous exposerons ci-dessous.

I. Sollicitation phréatique pure
II. Sollicitation de « capillarité pure »
III. Sollicitation due au terrain seulement « humide »

I. Sollicitation phréatique pure

C'est le résultat de l'enfoncement de l'enveloppe ou des fondations jusqu'au niveau phréatique lui-même. Comme il s'agit d'un flux permanent, et que les pressions de l'eau sont importantes, c'est le problème le plus grave. Dans le mur enterré, et/ou le socle, s'il existe, on voit apparaître les zones indiquées ci-dessous (qui se distinguent par leur contenu en eau).

Les zones de pénétration ponctuelle de l'eau sous pression. Les joints, les fissures, les trous, etc. sont les points faibles quant à la résistance au passage de l'eau sous pression. C'est pour cela que la pénétration commence dans ces zones (ce sont les écoulements d'eau).

Les zones de matériau saturé d'eau. Autour des points de pénétration, et dans les zones les plus proches de l'eau, le matériau se sature.

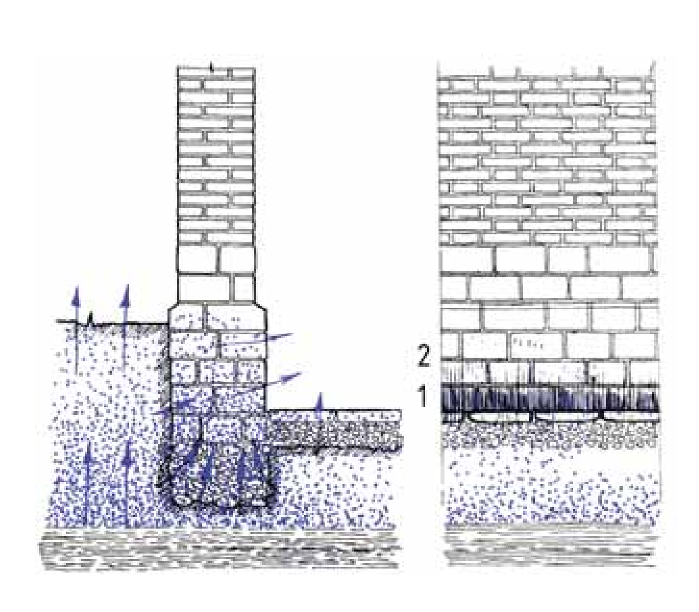
Les zones de matériau mouillé. Autour des précédents.

Les zones de matériau humide. Celles qui entourent les zones mouillées. Les zones seulement humides ne présentent pas, parfois, la tache caractéristique mais seulement un léger obscurcissement, pas toujours appréciable à simple vue.

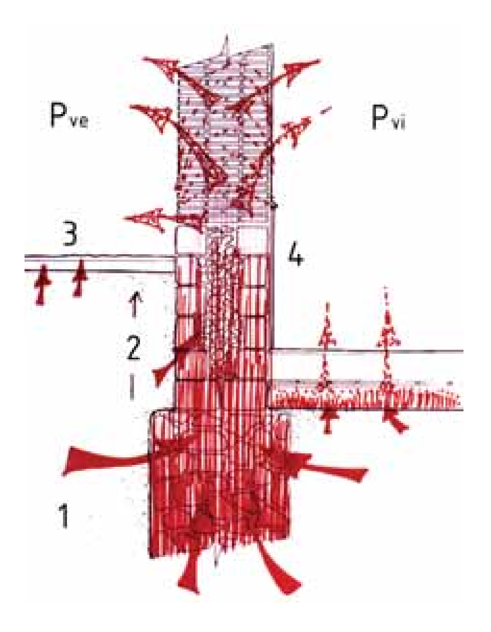
Le degré de contenus en eau produit par la nappe phréatique se manifeste en permanence, sans coïncider avec de quelconques déchargements d'appareils, des pluies récentes, des ruptures de canalisation, etc. Les seules variations sont de type saisonnier, et elles produisent des oscillations dans la hauteur du niveau de l'eau du terrain.

II. Sollicitation de capillarité pure

Dans ce cas, les fondations, ou le mur, sont implantées non dans la strate saturée et sous pression mais dans la strate immédiatement supérieure qui, comme nous l'avons décrit, n'a



Sollicitation due à la strate capillaire dans les fondations d'un ouvrage en pierre de taille (1. Zone mouillée ; 2. Zone humide).



La hauteur atteinte par l'humidité de capillarité dépend de divers facteurs (Pve. Évaporation extérieure (+ convection) ; Pvi. Évaporation intérieure (augmentation humidité relative) ; 1. Zone capillaire superficielle ; 2. Sens du flux ; 3. zone imperméabilisée ? ; 4. L'eau remonte au-dessus du socle).







Remonte capillaire.

que de l'eau retenue par capillarité, sans pression. La pénétration se produit alors par des mécanismes de tamponnement capillaire. Il se produit une succion capillaire depuis le terrain vers le mur. La diminution de l'énergie superficielle libre du système qui se produit lorsque l'eau abandonne le terrain et s'étend dans les pores des matériaux des fondations est le mécanisme déclenchant du phénomène, par ailleurs si habituel, qui est à l'origine des traces d'humidité des murs de sous-sol ou de rez-de-chaussée même s'il n'y a pas d'eau retenue ni de terrain saturé à proximité.

Ce type de sollicitation produit un degré d'humidité dans les fondations ou le mur de sous-sol, le socle, etc., qui se caractérise par un contenu en eau *moindre* que dans le cas d'eau sous pression. Les matériaux en contact avec le terrain ne parviennent pas à saturer d'eau, et par conséquent la distribution qui découle de ce contact est moins extensive et moins intensive. Et même, si l'épaisseur du mur est suffisamment importante, la tache humide ne sera pas perceptible sur la partie visible du mur. Cela signifie que l'eau se déplace par capillarité et passe sous forme de vapeur *dans le mur*, poursuivant ensuite son chemin par diffusion de vapeur.

Cette sollicitation reçoit le nom de *capillarité pure* parce que dans ce cas l'eau qui pénètre manque de pression positive : il s'agit simplement d'un mécanisme de *succion*. Pour interrompre la pénétration, il suffirait d'empêcher le contact du terrain avec les fondations en créant *une chambre d'aération* dans laquelle l'eau pourrait s'évaporer et être éliminée avant de toucher le bâtiment. Les zones qui apparaîtront dans le mur sont les suivantes :

- la zone mouillée ; et
- la zone humide.

et elles présenteront les mêmes conditions que dans les cas précédents.

La hauteur atteinte par l'humidité de capillarité dépend de divers facteurs. En principe, la tache cesse d'augmenter au moment où la quantité d'eau qui est absorbée depuis les fondations devient égale à la quantité d'eau que le mur évapore. C'est pour cela que plus la capacité d'évaporation du mur est importante moins la hauteur le sera. Comme la vitesse d'évaporation dépend de l'humidité relative de l'environnement, de la température, de la porosité et de la perméabilité des matériaux, etc., ce seront ces paramètres qui définiront la sollicitation. Si le flux d'évaporation est important, l'eau n'atteint pas des hauteurs importantes. En supposant que la perméabilité du matériau soit constante, plus l'humidité relative de l'environnement extérieur sera faible, et plus l'extension de la zone mouillée et de la zone d'évaporation sera faible aussi. Dans le cas contraire, si l'on imperméabilise le soubassement d'un mur grâce à un revêtement empêchant l'évaporation, l'eau remonte en général au-dessus de la zone

imperméabilisée, à la recherche d'une nouvelle surface d'évaporation pour atteindre un nouvel équilibre.

Dans un mur traditionnel, bien ventilé, la tache ne dépasse pas en général 30 à 40 cm. Lorsque la hauteur est plus importante, c'est le plus souvent parce qu'il y a un problème supplémentaire (contamination hygroscopique des matériaux, la plupart du temps) qui masque la capillarité.

L'enveloppe (mur extérieur) du bâtiment ne sera pas la seule partie affectée par l'humidité de capillarité ascendante sinon que tout élément dont les fondations s'enfonceront jusqu'à la strate capillaire devra présenter des lésions de ce type.

L'eau ne monte pas de manière uniforme sur toute la section du mur. S'il s'agit, par exemple, d'un mur de maçonnerie avec du mortier, il est fréquent que la succion soit plus facile par le mortier que par la maçonnerie, ou même par la superficie de contact entre les pierres et le mortier, lorsqu'il y a une mauvaise adhérence entre eux. Les lignes ou les surfaces par lesquelles l'eau monte avec une plus grande facilité sont les joints sans appareil. C'est pour cela qu'il est fréquent de trouver de plus grandes hauteurs de l'humidité au niveau des joints verticaux qui sont créés entre des maçonneries distinctes, lorsqu'il n'y a pas d'assemblage entre elles (par exemple, entre des murs de maçonnerie et des contreforts de pierres de taille, s'ils n'ont pas été appareillés).

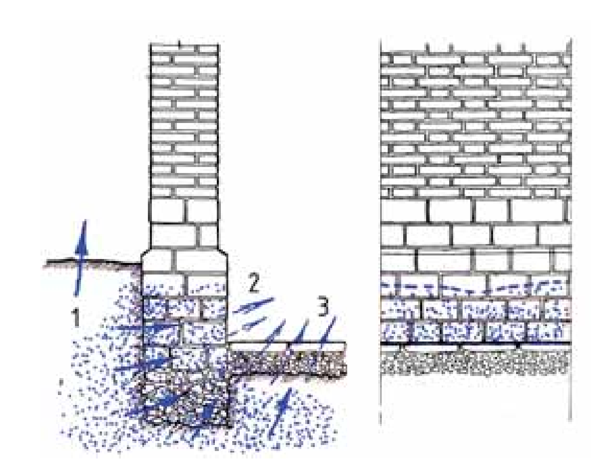
III. Sollicitation due au terrain seulement humide

Après avoir expliqué la manière dont l'eau provenant de la nappe phréatique monte par capillarité à un niveau supérieur (niveau capillaire), et de là se répand sous forme de vapeur au travers des strates sèches, à la recherche de l'air libre (processus d'évaporation), il suffit de décrire comment la présence d'un terrain humide, ou d'autres sources de vapeur d'eau, peut affecter les murs.

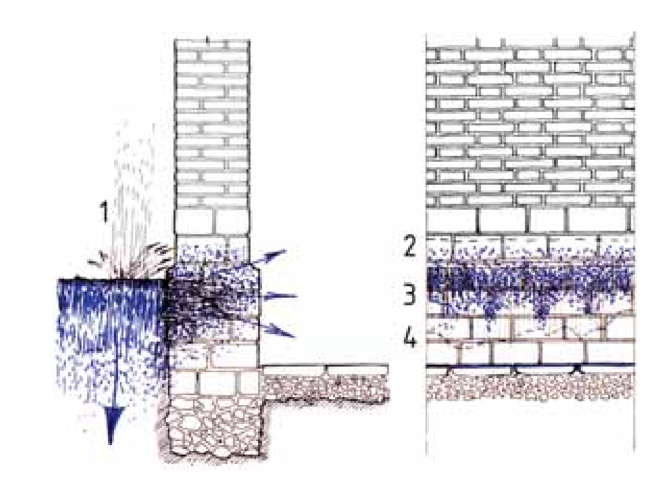
Il s'agit d'un cas fréquent, car tout terrain possède un certain degré d'humidité due :

- à l'eau qui s'évapore depuis une strate mouillée vers l'atmosphère ;
- à l'eau de pluie filtrée qui, à la fin de la précipitation, cherche à s'évaporer ; et
- à l'eau rémanente dans le terrain, provenant de fuites, de l'arrosage, etc.

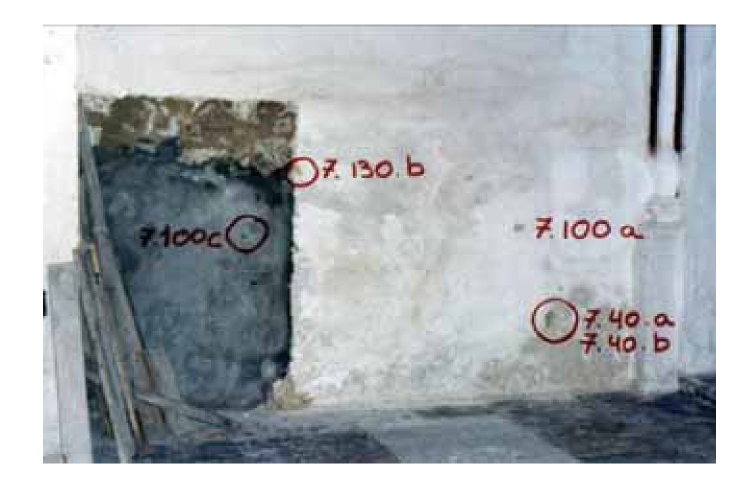
L'eau retenue à l'origine dans le terrain par capillarité peut se déplacer s'il y a une différence de pressions de vapeur entre le terrain et l'air libre : l'eau se diffuse sous forme de vapeur (on dit que *le terrain évapore*). Un mur ou un socle enterré dans une strate humide se convertit au moins en évaporateur de cette humidité. Tout le monde sait parfaitement que les grottes, les cryptes, etc. sont des lieux humides et frais même lorsque l'on n'y



Sollicitation due au terrain seulement humide (1. Terrain humide ; 2. Évaporation ; 3. Matériaux humides).



L'eau de pluie absorbée par le terrain (1 Pluie ; 2. Zone humide ; 3. Zone mouillée ; 4. Zone humide).



Détérioration des revêtements.

voit aucune trace d'humidité.

Les contenus en humidité sont moindres que dans les autres cas, et l'on a seulement une zone :

- *la zone de matériau humide*,
  qui peut parfaitement ne présenter aucune trace d'humidité, sinon seulement la détérioration des matériaux ou des revêtements.

5. Sollicitations dues à l'eau de pluie directement absorbée par le terrain

Les diverses formes de sollicitation de ce chapitre peuvent être réunies en deux groupes :

- la sollicitation de l'eau de pluie absorbée par les terrains perméables ; et
- la sollicitation des eaux dispersées.

IV. L'eau de pluie absorbée par le terrain

Lorsque le terrain est perméable à l'eau de pluie, les strates supérieures l'absorbent et filtrent vers le bas (*eau filtrée*), en fonction de la perméabilité. Sur son chemin, l'eau mouille le terrain en définissant des degrés de haut en bas. Une partie de l'eau est retenue dans le terrain par capillarité, alors que l'autre partie filtre vers les strates inférieures imperméables.
Dans les terrains qui sont très perméables, l'eau est absorbée rapidement. Dans les terrains argileux, la filtration est lente et l'eau parcourt de grandes distances à l'horizontal, du fait de sa difficulté à pénétrer dans le terrain. Pour cette même raison, le contact avec le mur enterré ou avec les fondations est plus important dans le cas d'un terrain imperméable.

Par conséquent, le contenu en eau d'un terrain dans ses différentes couches est variable tant que les échanges avec l'atmosphère (pluie et évaporation) ne sont pas empêchés par le revêtement du sol.
On peut assimiler cette sollicitation à celle de capillarité pure, car elle produit les mêmes zones dans le mur :

- une zone mouillée ; et
- une zone humide.

à la différence près qu'il s'agit ici d'un phénomène qui coïncide avec les précipitations et, en général, d'apparition rapide, qui disparaît avec l'évaporation du terrain. En outre, les taches présentent une zone plus intense qui coïncide avec la cote du revêtement du sol ou avec la zone dans laquelle l'eau est retenue. On peut observer comment la détérioration des peintures murales a commencé depuis le haut, dans la ligne qui coïncide avec le terrain situé de l'autre côté du mur.

V. Les eaux dispersées

Parfois, la composition des strates du terrain ne permet pas à l'eau tombée à l'occasion des précipitations d'atteindre la nappe phréatique. L'eau pénètre tout d'abord par une première strate perméable, atteint ensuite une couche imperméable sous la première, et se répand enfin sur la surface de celle-ci en constituant des lignes de courant qui se trouvent *au-dessus de la nappe phréatique*. On les appelle les *eaux dispersées*, et ce sont des courants qui se forment rapidement et qui suivent des lignes de peu de résistance dans le terrain (fissures dans des terrains rocheux, lignes de fracture, zones sableuses dans des terrains argileux, cavités ou tranchées artificielles, zones de remplissage, etc.), sans parvenir à constituer une strate détrempée. En suivant ces lignes, de grandes quantités d'eau peuvent atteindre des points éloignés en peu de temps, ce qui produit des sollicitations



L'eau de pluie absorbée par le terrain.



Les eaux dispersées.

localisées d'eau ayant un débit et une pression variables en fonction du type de précipitation qui en est à l'origine.

Dans une strate avec des eaux dispersées, on trouve des contenus variables en eau ; plus importants dans la ligne du courant, et moindres dans les zones plus éloignées. Il peut se créer des poches avec des pressions importantes, ce qui constitue un type de sollicitation dangereux, qui se confond parfois avec la nappe phréatique.

Un type de terrain dangereux de ce point de vue est celui qui a des zones ayant perdu leurs fins à cause du lavage et qui se convertissent en strates très perméables. Ces strates agissent alors comme des drains naturels au sein d'un terrain plus imperméable. Le phénomène est connu comme *érosion interne* ou *piping*, et il est dangereux parce que ces lignes de flux préférentielles peuvent conduire des débits et des pressions élevés, et laver des zones de terrain qui, par la suite, produiront des assises pour les constructions construites sur elles.

Quant à la formation de *poches d'eau*, il s'agit de zones de dépression dans des terrains peu perméables. Ces poches se remplissent d'eau de pluie et, en fonction du débit versé, peuvent atteindre des niveaux de charge hydrostatique élevés et difficiles à évacuer. La rupture de l'une de ces poches souterraines peut produire des pénétrations importantes en débit et en pression.

Il est aussi relativement fréquent de rencontrer, dans des zones de construction historique, des citernes enterrées pour le recueil des eaux de pluie, ainsi que des vestiges de canalisations semi-obstruées et inutilisées. Tous ces éléments sont potentiellement capables d'agir comme des poches d'eau dans le terrain, dans le cas où ils seront atteints par un quelconque type de courant souterrain.

Dans la construction plus récente, le point faible pour la création de poches est en général constitué par les tranchées ouvertes autour des fondations, qui sont comblées à la fin des travaux. Cependant, comme le remplissage n'a pas, en général, la même compacité que le sol naturel et que, en outre, le mouvement naturel de l'eau est interrompu par la présence de murs du sous-sol, de murs-écrans, etc., la tranchée se transforme finalement en poche potentielle pour les eaux de pluie qui tombent aux alentours du bâtiment. Si l'on tient compte, de surcroit, du fait que cette ceinture périmétrale est en général utilisée, dans les petits bâtiments indépendants, pour y verser l'eau recueillie sur la couverture, et parfois même pour arroser les jardinets entourés de murets, le résultat peut être tout à fait négatif.

Quelle que soit la forme d'évolution des eaux dispersées, les zones qu'elles peuvent produire dans le mur enterré sont les suivantes :

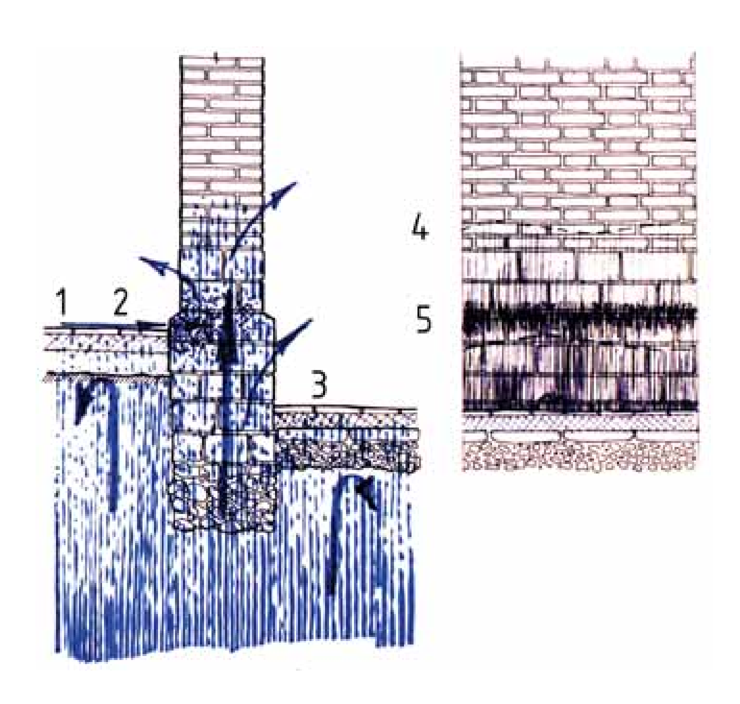
- *une zone de pénétration ponctuelle sous pression* ;
- *une zone saturée*, proche du point où l'eau aura sa plus grande charge ;
- *une zone mouillée* ; et
- *une zone humide*.

Or, cela pourrait être confondu avec la sollicitation de la nappe phréatique. La différence réside dans le fait que, ici, il s'agit de phénomènes temporaires, coïncidant avec la pluie, la rupture de citernes à cause de travaux, le manque de drainage et d'imperméabilisation adéquats dans les sous-sols au cours de la construction desquels on n'a pas suffisamment pris en compte la présence d'une nappe phréatique, etc.

6. Le cas particulier des terrains revêtus

Lorsqu'on limite dans le terrain la capacité d'échange avec l'ambiance du fait du revêtement de sol, les contenus en humidité sont modifiés.

- La nappe phréatique ne reçoit pas d'apports de pluie proche, et par conséquent son débit se nourrit d'eaux de pluie tombées à une certaine distance. C'est la raison pour laquelle il est logique de supposer des variations de son niveau uniquement saisonnières.
- La saturation de la zone capillaire et de la zone d'évaporation augmente parce que l'évaporation est limitée : le degré de saturation de vapeur dans les pores du terrain est supérieur et,



Terrains revêtus (1. Pavement imperméable ; 2. Transport d'eau de pluie vers la base des bâtiments ; 3. Pavement imperméable ;4. Élévation zone d'évaporation ;5. Pénétration au niveau du pavement extérieur).

en général, l'humidité des couches supérieures augmente et devient assez stable.

- S'il y avait des fuites ou des pénétrations d'eau ponctuelles et accidentelles, la difficulté de l'évaporation produirait une rétention de l'eau absorbée. Tout défaut de drainage, fuite de réseau d'adduction d'eau ou de tout-à-l'égout constitue un problème d'humidité sauf dans les cas où le terrain est facilement drainant.
- Un terrain disposant d'un revêtement peut être considéré comme un cas extrême d'eaux dispersées au parcours superficiel. Si le drainage superficiel n'est pas bien résolu, le revêtement peut répercuter de manière négative en transportant toute l'eau de pluie vers la base des bâtiments, ou former des flaques d'eau ou des mares qui présentent toujours une plus grande pénétration que l'eau en mouvement.

On considère donc le terrain revêtu (rues, places, etc.) aux alentours des bâtiments non imperméables comme un facteur de risque à deux niveaux :

- en surface, parce que toute l'eau de pluie se déplace comme des eaux dispersées ;
- en sous-sol, parce que la difficulté de l'évaporation de toute fuite ou pénétration prolongera la rétention d'eau et fera augmenter le degré de saturation du terrain.

Ce cas se présente avec une relative fréquence dans les villages ou les villes dans lesquels les rues et les places ont été récemment revêtues. L'ancien équilibre établi entre les bâtiments et leur environnement –qui faisait que tant les unes que les autres collaboraient aussi bien à l'absorption de l'eau de pluie qu'à son évaporation– est rompu et apparaissent, avec une certaine fréquence, des taches d'humidité dans les socles de bâtiments qui n'avaient pas été conçus pour résister à la sollicitation de grandes quantités d'eau de pluie.

7. Humidité de condensation hygroscopique

Il s'agit d'une altération des matériaux qui modifie leur comportement par rapport à l'eau (liquide ou sous forme de vapeur), en aggravant les lésions dues à l'humidité et en compliquant leur diagnostic. La cause réside dans la contamination des matériaux par des sels *hygroscopiques*, qui sont des substances chimiques solubles dans l'eau et qui présentent une grande avidité pour l'eau, avec laquelle il se combinent pour former des sels hydratés.
Les sels pénètrent dans les bâtiments en étant dissouts dans l'eau (du terrain, des infiltrations, etc.). Lorsque le mur s'évapore, les sels sont retenus dans le réseau poreux des matériaux, et ils cristallisent en perdant l'eau d'hydratation. S'ils perdent l'eau totalement, il se forme une poudre blanchâtre, ou une croûte, ou encore une sorte d'excroissance spongieuse de sel, que l'on appelle efflorescence. Lorsque les conditions environnementales d'humidité relative dépassent une certaine valeur (variable pour chaque type de sel), le dépôt commence à adsorber[1] la vapeur d'eau et le sel s'hydrate. Certains sels sont capables de s'hydrater avec une telle quantité d'eau qu'ils se dissolvent complètement en elle. De ce fait, l'élément constructif apparaît mouillé, voire même complètement saturé d'eau, et cela donne l'impression qu'il existe une forme de présence d'eau liquide qui produit cette tache, alors que la réalité est que cela est dû seulement à l'humidité de l'air agissant sur des matériaux anormalement hygroscopiques. Dans ce cas, on parle d'humidité par *condensation hygroscopique*.
Normalement, un bâtiment qui présente ce type de lésion a subi une certaine forme d'humidité « réelle » (capillarité, pluie,



Humidité par condensation hygroscopique.



Humidité par condensation hygroscopique.

inondation, etc.), qui a été le véhicule qui a transporté les sels jusqu'au mur. Mais cette forme d'humidité « réelle » peut avoir disparu, et il se peut qu'il ne reste dans le mur que les sels déposés, qui s'activent à nouveau non par la présence de l'eau du terrain mais par l'augmentation de l'humidité dans l'ambiance. La tache réapparaît alors avec sa forme ancienne, mais elle est trompeuse.
Ceci est la cause d'une grande partie de l'humidité constatée dans les bâtiments anciens ou historiques. Il s'agit d'un type de tache « qui ne disparaît jamais », et qui résiste à toute intervention de traitement traditionnel. Comme la cause est la contamination des matériaux, elle ne disparaîtra pas avant que l'on ait éliminé la présence des sels hygroscopiques.
Les sels peuvent provenir de diverses sources comme nous l'indiquons ci-dessous.

- Les nitrates proviennent de matières organiques provenant elles-mêmes de cimetières, d'étables, de décharges de résidus organiques, etc. ou de bâtiments dans lesquels ont été stockés des aliments ou des animaux, par exemple.
- Les chlorures sont traditionnellement associés à la proximité d'ambiances marines, mais on peut aussi les rencontrer dans des bâtiments qui ont été des lieux de conservation d'aliments en salaison. Par ailleurs, dans certains climats, lorsque l'on élimine la neige ou le verglas en répandant du sel (chlorure de sodium) sur les routes et les trottoirs, les murs sont en général contaminés. En dernier lieu, il y a des chlorures d'origine organique.
- Les carbonates sont associés à la dissolution des matériaux de construction ou des minéraux du terrain. Il ne sont pas en général aussi hygroscopiques que les précédents.
- Les sulfates proviennent du terrain ou de matériaux de construction. Ils sont agressifs parce qu'en cristallisant ils exercent des pressions dans les pores qui peuvent aller jusqu'à détériorer les matériaux, mais ils sont en général moins hygroscopiques que les nitrates et les chlorures.

Un symptôme caractéristique du fait que l'humidité provient de la condensation hygroscopique est que la tache disparaît lorsque l'on gratte l'enduit ou que l'on élimine les matériaux contaminés. (on peut observer comment dans la zone de mortier de joint que l'on est en train de gratter la tache d'humidité disparaît, parce que dans ce cas les sels hygroscopiques sont proches de la surface, et que le mortier sous la zone affectée apparaît sain et sec. Dans ce mur, les sels affectent aussi les briques, et dans ce cas il faudrait leur substituer des briques neuves, ce qui n'est pas toujours souhaitable comme il a d'ailleurs été décidé dans ce chantier.)

8. Humidité provenant de sources de vapeur

Une masse d'air enterrée et en principe sèche (grotte, crypte, etc.) attirera vers elle la vapeur d'eau du terrain qui l'entoure. Si la pression de la vapeur est élevée, la poche d'air pourra atteindre des valeurs de saturation de vapeur élevées (humidité relative élevée). Si, en outre, il y a un point de pénétration d'eau liquide, la grotte ou la crypte se saturera de vapeur à 100 %, dans le cas où les conditions se maintiendront le temps suffisant.

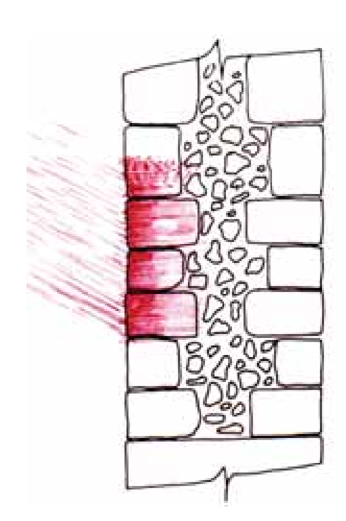


Une masse d'air enterrée et en principe sèche (grotte, crypte, etc.) attire vers elle la vapeur d'eau du terrain qui l'entoure.

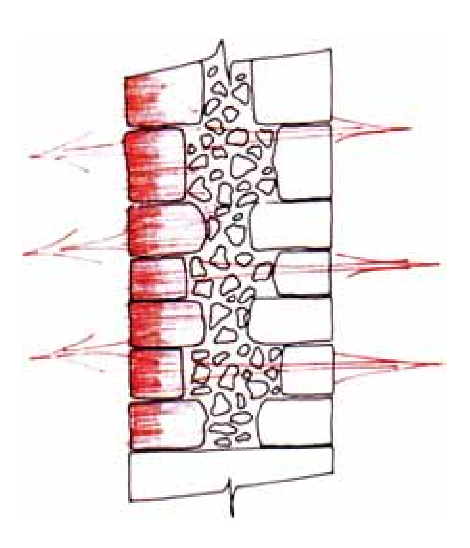
Dans notre tradition méditerranéenne, la grotte ou la crypte est ventilée, et nos prédécesseurs ont démontré qu'ils possédaient un savoir aussi étendu quant à la dissipation de la vapeur par convection que pour le drainage et la conduction de l'eau liquide. Lorsque ces espaces, qui ont été ventilés habituellement, sont compartimentés du fait des changements d'usage, ou de l'introduction de fenêtres trop étanches, on voit apparaître des pathologies dues à la condensation. Celle-ci se manifeste par la croissance de colonies biologiques (bactéries et champignons) sur les parements, aux points les plus froids du mur, ou les moins ventilés (angles, coins, etc.). Pour cela, il faut que l'humidité relative de l'air proche du parement soit de 80 %.

9. Humidité par filtrations d'eau de pluie

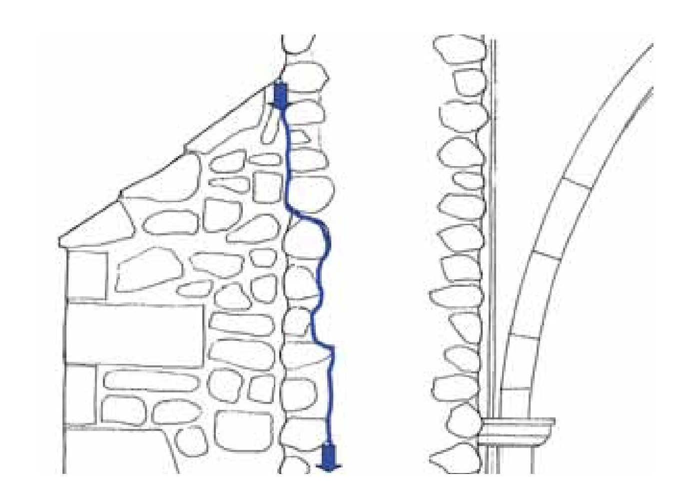
Dans la construction méditerranéenne, où le climat est habituellement sec, les bâtiments traditionnels ne sont pas spécialement protégés contre l'eau de pluie. Normalement, les matériaux sont poreux et perméables, y compris dans certaines des solutions de couverture, qui sont conçues de telle manière qu'une petite absorption d'eau dans leur masse pourra contribuer à rafraîchir l'ambiance intérieure, et par conséquent améliorer le confort.



Eau de pluie absorbée par le mur.



L'eau absorbée pourra s'évaporer dans les périodes qui s'écoulent entre une précipitation et une autre.



Humidité par filtrations d'eau de pluie.

L'eau de pluie peut pénétrer dans les bâtiments pour l'essentiel au travers de deux mécanismes :

- par un mécanisme d'absorption et de succion au travers des pores des matériaux ; ou
- par filtration au travers des joints.

Lorsque la pluie tombe sur une terrasse ou bien coule le long d'un mur, une partie de cette eau est absorbée par les matériaux eux-mêmes ainsi que par les joints, et une autre partie se répand sur les superficies. Il y a une proportion inverse entre la quantité d'eau qui coule sur le bâtiment et celle qui est absorbée par lui.
Normalement, les enveloppes ont été conçues de telle manière que la quantité d'eau absorbée pourra s'évaporer dans les périodes qui s'écoulent entre une précipitation et une autre. Ainsi, bien que le mur se mouille, s'il a le temps de s'évaporer il n'y a pas de lésions d'importance ; et ce, même lorsque cette quantité d'eau absorbée rafraîchit les murs et les couvertures en s'évaporant, comme il a été expliqué auparavant. La seule précaution est que l'épaisseur du mur doit être suffisante pour que le front humide n'atteigne pas le parement intérieur.
Les situations pathologiques commencent à se présenter lorsque les mortiers de fixation ou de joint se détériorent, de telle manière que l'eau non seulement est absorbée dans les pores sinon qu'elle peut s'introduire par les joints entre les matériaux, et former une deuxième plaque d'égouttement qui peut parfois être interne.
Dans chaque typologie architecturale, il est important de connaître le rapport entre la quantité d'eau égouttée et d'eau absorbée qui sera optimum pour un climat déterminé, ainsi que les différentes solutions constructives. Celles-ci, en effet, font preuve d'un grand savoir pratique quant à l'expérience de la perméabilité et de la capacité d'évaporation des matériaux disponibles, ou quant au dosage et aux épaisseurs des mortiers de joint ou de revêtement.

10. Diagnostic

Une fois connues de manière générique les différentes formes d'humidité qui peuvent se présenter dans les bâtiments de l'architecture traditionnelle, on est en condition d'établir une méthodologie pour leur inspection, leur diagnostic et leur intervention.

Inspection

Les symptômes permettront d'aider à classer les lésions observées dans l'un des types d'humidité mentionnés auparavant. Parmi les symptômes, les plus importants sont les taches. De ces taches, il convient d'observer et d'analyser ce qui suit :

- leur emplacement ;
- leur taille ainsi que leur forme ;
- leur mode d'apparition ;

- leurs coïncidences spatiales ou temporelles.

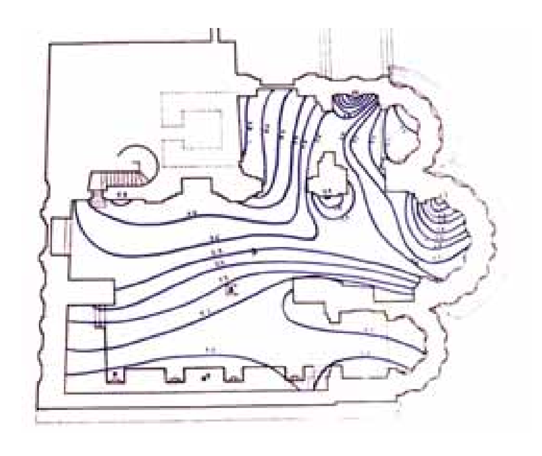
Il existe d'autres symptômes qui peuvent aussi être significatifs (couleur, odeur, efflorescences, détérioration des matériaux, etc.).

En plus de l'inspection, il est intéressant de connaître l'information suivante concernant le bâtiment, dans les cas où c'est possible :

- les renseignements historiques ;
- la documentation graphique et photographique, le cas échéant ;
- les renseignements sur les interventions ou les modifications : travaux, réparations, changements d'usage, etc. ;
- les renseignements sur l'environnement : pentes, composition et perméabilité du terrain ;
- les renseignements sur les réseaux urbains proches du bâtiment (anciens et actuels).

Toutes ces informations, comme on a pu l'analyser dans les chapitres précédents, devraient conduire à *une première hypothèse* quant à la cause de l'humidité.

Pour corroborer le fait que cette première hypothèse est correcte ou complète, on dispose de diverses techniques instrumentales d'appui au diagnostic. La plus simple et la meilleure marché consiste à faire une prise de données avec un thermo-hygromètre. Cet instrument mesure la température ainsi que l'humidité de l'air, et il permet de localiser les foyers d'évaporation présents dans les murs, les socles ou les couvertures. Il est intéressant de faire l'inspection avec cet instrument, parce que les taches ne correspondent pas toujours à de véritables foyers d'évaporation : en effet, il s'agit parfois d'une condensation par hygroscopicité, et dans ce cas les matériaux n'évaporent pas l'eau, sinon qu'ils la condensent, et ceci peut être détecté avec une certaine facilité grâce à cette technique. Les résultats de l'étude peuvent être représentés sur des plans.



Études complémentaires

Après avoir analysé les lectures fournies par le thermo-hygromètre, il peut être nécessaire de faire appel à une autre technique de vérification et de localisation des foyers. Dans ce cas, l'étude nécessaire dépendra de l'hypothèse ou pré-diagnostic.

- S'il s'agit de localiser un foyer d'humidité du terrain, et que l'on soupçonne la présence de la nappe phréatique ou d'une strate capillaire, une étude géotechnique est utile.
- Lorsque l'on souhaite connaître plus en détail le comportement hygrothermique du bâtiment (pour connaître sa ventilation, le risque de condensations, ainsi que l'évolution du séchage en corrélation avec le climat, par exemple), on a recours à une étude de suivi hygrothermique complète, au travers de l'installation de thermo-hygromètres à enregistrement continu (*data-logger*) qui peuvent être programmés par un protocole de prise de données adapté au type d'étude que l'on souhaite.
- Pour localiser les foyers ponctuels, on a recours à des tests avec une supervision archéologique.
- Lorsque l'on soupçonne que l'humidité est due à des avaries du tout-à-l'égout, ou à la présence de réseaux de canalisations, il faut inspecter ceux-ci à l'aide de techniques appropriées au cas (inspection de puits et canalisations à l'aide de caméras de télévision ; détection de regards d'eau ; détection de fuites dans les réseaux d'adduction d'eau, etc.).
- Si l'on souhaite déterminer le rôle des sels hygroscopiques présents dans les matériaux, et leur éventuelle influence sur le comportement hydrique des matériaux, il faut avoir recours à des tests de laboratoire. Pour ce faire, il faut effectuer une prise d'échantillons des matériaux que l'on souhaite étudier. Les tests de laboratoire possibles sont nombreux, et ce n'est pas le lieu dans cette publication de les décrire.
- Enfin, lorsque l'on soupçonne qu'il s'agit d'un problème d'humidité de filtration d'eau de pluie, on peut effectuer des tests *in situ* de simulation de cette filtration : avec un pulvérisateur ou avec un jet d'eau, ou avec de petites quantités d'eau sur l'élément que l'on souhaite étudier.

Dans tous les cas, ces études ne sont utiles que lorsqu'elles sont réalisées après que l'on ait proposé une hypothèse : en effet, ce sont des tests de vérification qui répondent à des questions que le technicien ou le chercheur peut se poser. Par elles-mêmes, les techniques ne suffisent pas : et c'est pour cela qu'elles ne devront jamais se substituer à l'inspection ni à l'étude dont nous parlions auparavant.

[1] On appelle *adsorption* le mécanisme par lequel les gaz adhèrent aux parois des pores ou à la superficie des matériaux. Dans ce cas, le gaz qui est adsorbé est la vapeur d'eau.

La dégradation des matériaux de construction (pierre, terre, bois)

Maria PHILOKYPROU
Architecte et docteur en Archéologie
Aménageur-conseil. Section de la Conservation des Bâtiments du Service ministériel d'Urbanisme et de Logement, Chypre

I. Introduction

Les materiaux de construction utilisés à Chypre

La pierre, la terre et le bois disponibles dans la nature et les alentours des villages étaient les principaux matériaux de construction utilisés dans les bâtiments traditionnels aux XIXe et XXe siècles.

La pierre.

La pierre, sous forme de moellons ou préparée (pierre de taille), est depuis toujours le matériau le plus utilisé pour la construction des murs et, dans une moindre mesure, des planchers. Dans le cas des murs en moellons, les pierres utilisées se trouvaient à proximité des villages, et il s'agissait généralement de roches sédimentaires (grès calcaire, castine) et des roche ignées (diabase, gabbros). Dans les villages situés dans les plaines où les pierres étaient peu abondantes, elles étaient en généralement utilisées uniquement pour la construction de fondations et de la partie inférieure des murs. La hauteur des murs en pierre est différente dans chaque région. La pierre de taille, la plus employée, se composait de roches sédimentaires de plusieurs formations (généralement du grès calcaire de Pachna, Athalassa de Nicosie, de Koronia et de craie de Lefkara). Le grès calcaire de la formation de Pachna était la principale source de pierre de taille. Ce matériau est approprié à la construction car c'est une pierre dure constituée de particules de petite et moyenne tailles. Ses principaux éléments sont des matériaux biologiques (algues, protozoaires, bivalves, foraminifères), des silicates (quartz, feldspaths), voire des fragments de roches ignées, le tout lié par calcite, micrite ou sparite microcristalline. Le grès calcaire d'Athalassa –formation de Nicosie–, qui est le deuxième matériau le plus utilisé comme pierre de taille, est un matériau jaunâtre et poreux contenant des éléments biologiques et quelques éléments ignés mal adhérés. Le choix d'une pierre se faisait généralement en fonction de la géologie de l'environnement immédiat des villages.

La brique d'adobe.

Les briques d'adobe étaient largement utilisées dans l'architecture traditionnelle, en particulier pour la construction de la partie supérieure des murs. Ces briques étaient fabriquées à partir des terres calcaires se trouvant à proximité et contenant un pourcentage relativement élevé d'argile. La terre argile était mélangée avec une certaine quantité d'eau, puis complètement tassée, de manière à produire un mélange suffisamment malléable. Elle était ensuite humidifiée uniformément, puis des matériaux végétaux, tels que la paille, les joncs et les algues, y étaient ajoutés. Le tout reposait pendant quelques jours pour fermenter et produire une colle végétale donnant au produit fini sa consistance et son élasticité.

Les enduits et les mortiers.

L'architecture traditionnelle utilisait des enduits de gypse et d'argile, alors que l'emploi de la castine était relativement limité. La boue était le matériau le plus utilisé pour le mortier. En effet, celui-ci requiert une technologie simple par rapport aux autres enduits et peut être préparé à partir d'argile et d'eau. Les propriétés adhésives de la boue proviennent de l'argile présente dans le sol. Dans les enduits et les mortiers de murs faits de boue, des additifs tels que la paille étaient fréquemment utilisés pour éviter les fissures car ils permettaient une meilleure cohésion. Les enduits hydrauliques sont une catégorie particulière d'enduits principalement utilisée dans les structures requérant des propriétés hydrauliques (moulins à eau, etc.).





Pierre de taille.
Grès calcaire de Nicosie et de Pachna



Dégradation de la pierre



Dégradation de la pierre

Le bois.
L'utilisation du bois, en particulier du pin et du cyprès, était essentiellement limitée à la construction des toitures, des planchers, des portes, des fenêtres et des murs auxiliaires.

II. La dégradation de la pierre

Les principaux problèmes rencontrés dans les murs construits en pierre proviennent de la dégradation du matériau de construction ou de la construction dans son ensemble. La dégradation est essentiellement due à la décomposition de la pierre elle-même, aux dégâts affectant les angles et fréquemment la totalité de la surface visible, et à l'altération de la nature compacte de la pierre. La pierre se lézarde parfois à des endroits où les éléments métalliques utilisés pour relier des structures en bois sont rouillés. Dans certains cas, ces fissures peuvent être dues à la surcharge de la partie supérieure du linteau en pierre des fenêtres et des portes.
Les autres problèmes rencontrés dans les constructions en pierre sont l'affaissement d'un mur, sa séparation du reste de la construction et son effondrement. Les murs perpendiculaires ont parfois tendance à se séparer, de même que les deux faces d'un mur. Enfin, dans les constructions en pierre, la formation de fissures, la dégradation et le décollement des enduits et mortiers peuvent amener les pierres à se détacher et à tomber.

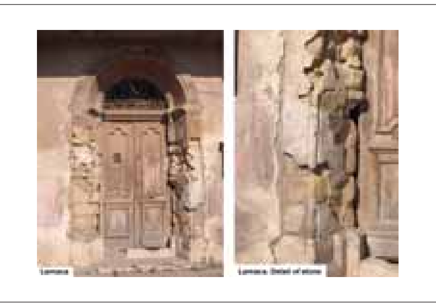
Les principales causes de dégradation [1] (décomposition, érosion, fissures) de la pierre sont les suivantes :

a. Humidité provenant de la pluie ou d'autres causes. L'humidité apparaît généralement dans la partie inférieure du mur et, dans une moindre mesure, dans les parties situées à mi-hauteur (voire dans les parties supérieures du mur). La présence d'eau et d'humidité peut avoir des répercussions sur les éléments en argile de la pierre et conduire à la cristallisation des sels ;
b. Les causes chimiques et l'influence des facteurs biologiques et de la pollution atmosphérique peuvent entraîner l'altération des éléments de la pierre ;
c. Les causes mécaniques (charge et pressions), qui forcent la solidité des éléments en pierre.

Soulignons que dans l'architecture chypriote traditionnelle, la présence d'humidité dans la pierre constitue la principale cause de la plupart des changements physiques et chimiques survenant dans la structure des éléments en pierre (principalement dans les pierres sédimentaires, les plus poreuses, et dans les bâtiments situés près de la mer). L'eau peut pénétrer dans la pierre au moyen de la condensation de la vapeur dans l'air et en cas de pluie, si le matériau est poreux [2], ainsi que par le biais de la capillarité (mouvement de l'eau qui monte du sol et son évaporation lorsqu'elle atteint une surface libre).
Remontée capillaire
L'eau sous forme liquide ou de vapeur peut imbiber tous les matériaux poreux. Les pores présentant un diamètre très étroit agissent comme des conduits de capillarité et permettent l'absorption de l'eau, car les forces de cohésion des conduits entre l'eau et le mur sont supérieures aux forces liant les particules d'eau. Ainsi, l'eau a tendance à se répandre sur une surface plus importante à l'intérieur du conduit et filtre à travers le mur à contre-gravité.
L'eau crée l'érosion des éléments en pierre de façon directe lorsque ses composants solubles en sont imbibés (dégradation des particules d'argile) et de façon indirecte par le biais du transfert de sels solubles et de leur cristallisation.

a. Dégradation de la pierre
due à la présence d'eau et d'humidité

- Action de l'eau sur les éléments en argile
Lorsqu'elle absorbe de l'eau, l'argile gonfle, puis elle se transforme en une fine poudre en séchant. Le gonflement provoqué par l'absorption d'eau provoque sa détérioration. L'augmentation du volume des éléments composant l'argile


Dégradation de la pierre


Dégradation de la pierre et de l'adobe


Dégradation de la pierre

entraîne le développement de forces mécaniques dans la composition de l'argile, ce qui désorganise considérablement la pierre contenant ces éléments.

- Cristallisation des sels

La cristallisation des sels, l'une des causes les plus importantes d'érosion et de dégradation de la pierre, a des effets sur tous les types de pierre, quelle que soit leur composition chimique. Les sels proviennent principalement de la surface du sol, de la sous-surface, de la mer, de la pollution atmosphérique de l'eau de pluie (qui augmente la pollution du sol) et de l'utilisation de matériaux de construction non appropriés en contact avec la pierre (enduits de ciment et mortiers). Les sels les plus solubles sont les chlorures, les sulfures et les sulfates [3].

Les sels pénètrent dans les pores de la pierre (ou dans les fissures de petite taille) lors de l'absorption ou de la montée par capillarité de l'eau contenant des sels. L'eau est directement absorbée de la pluie ou monte du sol par capillarité. La capillarité est essentiellement due aux pores longitudinaux, perpendiculaires et transversaux présentant un diamètre étroit. Lorsque l'eau est saturée (à la suite d'une baisse de température ou de l'évaporation), les sels solubles se cristallisent à l'intérieur des pores de la pierre ou à sa surface, produisant une efflorescence. La cristallisation des sels peut parfois se produire à la fois à la surface et dans les pores de la pierre. Lors de la cristallisation, le volume des sels augmente [4], ce qui bouche en partie les pores. La tension importante ainsi créée sur les parois des pores et dans les pores eux-mêmes a des effets destructeurs conduisant à la dégradation des pierres de la construction. La cristallisation peut provoquer des tensions mécaniques –réduction de la surface de la pierre, séparation de petites parties de la pierre et craquellement du matériau de construction.

La concentration de sels à la surface de la pierre, due au déplacement continu de l'eau vers les surfaces externes du matériau, provoque –outre la détérioration des éléments de la pierre– la dégradation des enduits et des mortiers (développement de tensions en surface, petites fissures, enduits séparés de la pierre et destruction graduelle).

L'étendue de ce phénomène dépend du volume d'eau contenu dans les pores et de la perméabilité de la pierre. Le phénomène de la dégradation –érosion due à la cristallisation des sels– est beaucoup plus important dans les régions côtières de l'île, par exemple à Larnaca.

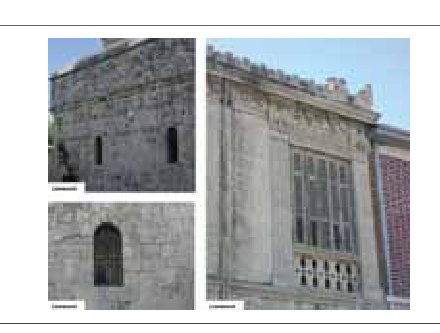
b. Dégradation de la pierre due à des facteurs biologiques et à la pollution atmosphérique

- Facteurs biologiques

L'érosion due aux facteurs biologiques englobe les modifications chimiques entraînées par des micro-organismes (algues, champignons, etc.) et celles qui sont provoquées par les insectes, les oiseaux et la croissance de racines ou de plantes qui pénètrent dans les joints ou les fissures et causent des tensions mécaniques. L'humidité favorise également le développement de micro-organismes responsables de la détérioration.

- Pollution atmosphérique (soufre et oxydes de carbone)

La dégradation de la pierre due à la pollution atmosphérique n'est pas aussi intense à Chypre que celle qui est causée par les facteurs mentionnés auparavant, car le taux de pollution atmosphérique de l'île est relativement bas. Les agents polluants entraînant la détérioration des éléments de la pierre sont généralement le dioxyde de carbone et les oxydes de soufre. Comme nous l'avons indiqué, l'acide sulfurique réagit rapidement au contact du carbonate de calcium des pierres calcaires et le dissout lorsque les éléments de la pierre sont exposés à la pluie. Le dioxyde de carbone atmosphérique dissout dans l'eau de pluie décompose graduellement la calcite, créant des composants solubles. Lorsque la solution sèche, la calcite ou l'aragonite est recréée. Le dioxyde atmosphérique a une action uniquement sur les pierres calcaires exposées à l'eau de pluie, dont il réduit légèrement les dimensions.




Dommages causés à la pierre par la pollution de l'air



Problèmes structuraux des murs de pierre



Dommages causés aux murs de pierre par la végétation

c. Dégradation de la pierre à la suite de tensions mécaniques

Les problèmes de la pierre dus à des tensions mécaniques provoquées par l'expansion et la contraction du matériau ne sont pas très nombreux à Chypre, car les écarts de températures sont peu élevés. L'affaissement des fondations, les tremblements de terre et des pratiques inappropriées de construction (absence de liaison entre les deux faces d'un mur) peuvent entraîner des problèmes dans la construction, ainsi que dans la pierre elle-même (craquellement, et autres).

III. La dégradation des briques d'adobe

Les principaux dégâts constatés dans les briques d'adobe sont la dégradation, la désintégration et la détérioration du matériau, très visibles à la base d'un mur et dans une moindre mesure sur d'autres parties du mur, telles que la partie supérieure. Les murs en briques d'adobe peuvent également présenter des problèmes mécaniques, tels que des fissures, une inclinaison (verticale ou horizontale), des bombements et des creux, des mouvements horizontaux et la déformation des murs, qui peuvent avoir des répercussions sur le matériau lui-même.
La gravité de ces dégâts dépend de la qualité des briques d'adobe et de la structure du mur. La qualité des briques est liée à la qualité de la terre utilisée pour leur production, à l'additif organique et, de façon générale, à la procédure employée dans leur préparation (temps de fermentation de la terre, mélange des ingrédients, période de séchage, etc.), ainsi qu'aux caractéristiques géotechniques du produit fini. En outre, la qualité des briques d'adobe dépend également de l'expérience et de la formation du personnel ayant participé à la construction. La détérioration d'un mur en briques d'adobe peut être provoquée par le système structurel du mur (connexion insuffisante entre les deux faces d'un mur, disposition incorrecte des briques en rangées alternées) ou par les conditions climatiques de la région (présence d'eau et d'humidité).

Les principales causes de la dégradation des briques d'adobe

a. Eau et humidité (qui provoquent la désorganisation des éléments en argile et la formation de sels) ;
b. Facteurs biologiques ;
c. Tensions mécaniques.

a. Eau et humidité

L'eau et l'humidité (montée de l'humidité du sol, eau de pluie), la construction de mauvaise qualité ainsi que d'autres problèmes de la structure constituent les principales causes de la détérioration du matériau de construction et des additifs organiques. La désintégration du matériau des briques d'adobe se produit lorsque la présence d'eau et d'humidité réduit considérablement la cohésion de la terre employée dans la composition de la brique. L'humidité et l'eau remplissent les pores de la brique et les particules de la terre ne sont plus reliées entre elles, ce qui entraîne la désintégration du matériau de la brique [5]. En outre, la présence d'eau provoque la pourriture, le gonflement, le séchage et la pulvérisation de la paille contenue dans les briques d'adobe.
Ce phénomène se produit car de l'eau pénètre dans le matériau. En effet, l'humidité qui s'introduit dans le mur entraîne l'évaporation ou la formation de cristaux de sel, qui provoque à son tour l'affaiblissement de la cohésion, ce qui désintègre le matériau, augmente la taille des pores et pulvérise la brique. L'humidité occasionne également des dégâts importants à l'enduit et au mortier d'un mur en briques d'adobe.
L'humidité peut pénétrer dans les pores de la surface, entre l'enduit et le mur, s'infiltrer directement dans la surface de connexion, ou atteindre la surface en traversant la masse du mur. L'humidité se trouvant dans la partie située entre l'enduit et la brique s'évapore ou se condense, en fonction des conditions de température et d'humidité de l'environnement, et elle entraîne les sels solubles vers la surface. Lorsque l'humidité sèche, les résidus de sel qui se forment augmentent la taille des pores (gonflement) et donc la pression dans les pores, ce qui supprime la cohésion/connexion et permet l'apparition d'une fissure interne. Ensuite, l'enduit se détache et tombe, et les briques d'adobe sont


Décollement et crevasses du plâtre


Détérioration de l'adobe
dans la partie inférieure des murs


Détérioration de l'adobe
dans la partie inférieure des murs

directement exposées à l'humidité et à l'eau, ce qui a pour effet d'accélérer leur détérioration et leur décomposition.
Lorsque l'enduit externe d'un mur en briques d'adobe tombe et que le mur est alors exposé, l'eau peut provoquer d'autres problèmes. En effet, l'eau qui s'écoule forme de petits canaux verticaux sur le mur, ce qui augmente la surface exposée aux conditions défavorables.
Les dégâts provoqués par l'eau et l'humidité sont plus souvent observés à la base d'un mur, lorsque la base en pierre se trouve très près du sol. Le processus de détérioration de la brique d'adobe se poursuit tant que les conditions d'humidité subsistent. Aux endroits où la base en pierre d'un mur en briques d'adobe est très élevée, l'eau peut pénétrer à l'intérieur d'un mur par le biais des fissures provoquées par des défauts de la structure ou par une charge externe. Dans certains cas, les fissures se produisent au niveau des points de rencontre des éléments en bois et des briques d'adobe sous l'effet des forces de contraction ou de la pourriture des parties en bois. Dans ce cas, la dégradation a lieu pendant une courte période de temps (saison des pluies), contrairement à la dégradation continue de la partie inférieure du mur, en particulier dans les murs dont la base est en pierre.
La détérioration due à l'eau est également observée dans la partie supérieure du mur, à l'endroit où la structure se termine et où plusieurs matériaux (pierre, brique d'adobe, bois, enduit) se rejoignent. Des fissures peuvent commencer à apparaître comme conséquence des différentes forces d'expansion des matériaux, des mauvaises pratiques de construction et d'une construction de mauvaise qualité, ainsi que des variations de température et d'humidité. La partie supérieure des murs est généralement protégée par une saillie de la toiture. Lorsque cette protection ne remplit pas sa fonction, l'eau pénètre dans la structure à travers les fissures et les matériaux se dégradent de la façon indiquée ci-dessus.

b. Facteurs biologiques

Des oiseaux peuvent creuser un trou dans le mur pour y faire leur nid, ce qui expose l'intérieur du mur à l'érosion. Lorsque l'enduit tombe, les trous laissés par les petites chevilles en bois (servant à relier l'enduit et la brique d'adobe) sont mis à profit par des insectes et des oiseaux qui y font leur nid et permettent également la croissance de végétation, cause de fissures internes.

c. Tensions mécaniques

Lorsque les tensions exercées sont supérieures à la solidité du mur, des fissures se produisent. Leurs causes sont le mouvement horizontal du mur, l'inclinaison du mur et le déplacement des supports. Les mouvements horizontaux peuvent être dus à des tremblements de terre ou des vibrations du sol, un vent fort, des pressions dans le sol ou provoquées par l'eau et des déformations excessives du sol ou de la structure de la toiture. Lorsque les connexions des angles sont insuffisantes ou que le mur est incliné, des fissures de séparation apparaissent. Certaines fissures sont provoquées par des mouvements horizontaux causés par les forces appliquées ou par les déplacements ou déformations des planchers. Les autres problèmes structurels des murs en briques d'adobe sont les bombements, l'effondrement ou l'inclinaison des murs.

IV. La dégradation du bois

Les principaux dégâts constatés sur certaines parties de la structure en bois sont la pourriture, les fissures et la perte de solidité. Ils sont dus aux variations de température et d'humidité, à des causes biologiques et à des problèmes structurels. En outre, les insectes, les champignons ainsi que d'autres processus biologiques peuvent causer des dégâts et provoquer la dégradation des parties en bois, dont la pourriture se produit généralement dans les parties affectées par l'eau et en particulier celles qui sont encastrées dans le mur.
Les causes biologiques de la détérioration du bois sont néfastes. En effet, certains champignons et insectes qui se développent dans le bois peuvent, dans certaines conditions d'humidité (supérieure à 20 %) et de température (20 à 30 ºC), faire pourrir le bois. Les fissures longitudinales existant dans les parties en bois réduisent sa


Dégradation du bois


Dégradation du bois


Détérioration de l'adobe dans la partie supérieure des murs

solidité et fournissent des espaces pour les nids des insectes.

Les problèmes survenant dans les structures en bois peuvent également provenir de la contraction physique du bois lorsqu'il sèche et de la perte non uniforme d'humidité. L'utilisation de parties en bois n'ayant pas séché correctement et sous contrôle ou provenant d'arbres coupés à des périodes inappropriées –avec pour conséquence la conservation des sucs dans le bois– peut avoir des répercussions désastreuses.

La plupart des parties en bois ne présentent pas de forme permanente, même si elles ont été coupées plusieurs années auparavant. En effet, le changement des conditions d'humidité et de température entraîne l'expansion ou la contraction du bois, qui peut se courber, voire se déformer en cas de charge permanente.

En conclusion, nous pouvons affirmer que les deux principales causes de la dégradation de la pierre, des briques d'adobe, des enduits et du bois dans les bâtiments traditionnels de Chypre sont l'eau et l'humidité (montée de l'humidité du sol et eau de pluie pénétrant dans les structures à cause de problèmes structurels). La seule façon de protéger les constructions consiste à préserver les structures de l'eau et de l'humidité.

Références

IOANNIS, I. (2005), Erosion and Protection of Building Stone, *Ornamental Stone from Greece, Hellenic Marble* – Hellenic Marble Manufactures.

LAMBROPOULOU, B.N. (1993), *Erosion and Conservation of Stone*.

PAPADOURIS, GL. (1990), Building Materials in the Cyprus Traditional Architecture, *Archaeologia Cypria*.

PAPADOURIS, GL. (1992), The use of Wood as Inherited in to Building Tradition since Antiquity. *Review of the Cyprus Society of Historical Studies*.

PHILOKYPROU, M. (1999), Building Materials and Construction Methods Employed in Prehistoric and Traditional Architecture in Cyprus, *Ethnography of European Traditional Cultures. Arts, Crafts, Techniques of Heritag*e.

Restoration and Maintenance of Traditional Settlements (2003), Association des ingénieurs civils et des architectes de Chypre.

---

[1] Le terme dégradation englobe l'ensemble des processus contribuant à l'altération d'un élément en pierre, qui peuvent être chimiques, physiques, mécaniques ou biologiques par nature.

[2] Les éléments solides d'un matériau poreux comportent de nombreux petits espaces vides, les pores ou conduits de capillarité, pouvant être ouverts ou fermés et constituant un réseau interne.

[3] L'oxyde de soufre provenant de la pollution atmosphérique, de l'eau du sol et des enduits en ciment provoque l'érosion des pierres calcaires, créant un gypse qui contribue de façon secondaire à l'érosion de la pierre.

[4] L'augmentation du volume provenant de la transformation des sels, qui passent d'une forme anhydre à une forme aqueuse, provoque l'érosion à cause de l'épuisement causé par la pression alternée sur les parois des pores. Les pressions exercées à l'intérieur de la pierre peuvent entraîner sa rupture.

[5] Le processus de désorganisation des éléments de l'argile d'un matériau a été décrit dans la section précédente relative à la pierre.

Les divers types de techniques scientifiques servant à identifier les mécanismes de dégradation de la pierre

Mustafa AL-NADDAF
Docteur en géologie
Département de Conservation et de Gestion des Ressources culturelles, Université Yarmouk, Irbid, Jordanie

Introduction

Dans l'environnement dans lequel ils se sont formés, tous les matériaux présentent un état stable. Toutefois, à la suite d'un changement important des conditions environnementales, le matériau peut se transformer en un matériau présentant un nouvel état stable (Rapp et Hill, 1998 ; Malaga-Starzec, *et al.*, 2000).

L'altération de la pierre est provoquée par l'adaptation de ses éléments internes aux conditions atmosphériques et environnementales, sous l'action de facteurs physiques, chimiques et biologiques (Pellizzer et Sabatini, 1976 ; Amoroso et Fassina, 1983 ; Karpuz et Pasamethouglu, 1992). Ce phénomène naturel se produit dès la formation de la pierre et se poursuit pendant toute son existence (Charola, 1988 ; et Turkington, 1996).

Pendant des siècles, les monuments et les sculptures en pierre ont résisté à l'attaque d'agents naturels d'altération. Il a néanmoins été observé qu'au cours des dernières décennies, le délabrement de nombreux monuments et sculptures, en particulier ceux situés à proximité de villes et de zones industrielles, s'est accéléré (Amoroso et Fassina, 1983 ; Aslam, 1996 ; McAlister, 1996).

Les agents responsables de l'altération

L'altération des roches dans la lithosphère est provoquée par plusieurs agents continentaux (extrinsèques), tels que des agents physiques (désintégration mécanique), chimiques ou biologiques, ainsi que par leurs propriétés intrinsèques, c'est-à-dire leur minéralogie, leur texture et leur structure (Dòssat, 1982 ; Amoroso et Fassina, 1983 ; Bradlley et Middleton, 1988 ; Gauri, 1992 ; Ling *et al.*, 1993a ; Vincente *et al.*, 1993). Par conséquent, le délabrement de la pierre d'un monument est rarement le résultat d'un facteur unique (processus) mais plutôt d'une combinaison de plusieurs agents (Schumann, 1998).

Différents groupes de formes de détérioration, parmi lesquelles la formation de dépôts sur la surface de la pierre est la plus importante, peuvent être détectés sur la pierre des monuments.

Il semble que la première étape de la détérioration de la pierre de construction, qui se produit sous l'effet des conditions atmosphériques, est la couleur grise que prend la pierre. Cette étape est fréquemment suivie de la formation de croûtes et du délabrement ultérieur par écaillage (Hoke, 1978 ; et Al-Naddaf, 2002).

Une fine couche de 0,02 à 0,2 mm d'épaisseur, dure, noire, généralement terne, peut se développer sur la surface de



Umm Qeis (Jordanie).

nombreux types de pierre (Nord et Tronner, 1992 ; Nord et Ericsson, 1993). La patine et les croûtes recouvrant la surface des monuments ont été attribuées à différentes causes, dont le traitement à des fins esthétiques et/ou protectrices, les dépôts produits biologiquement, l'interaction avec les agents atmosphériques, tels que le SO_2, ce qui entraîne la sulfatation et la formation de gypse et d'un dépôt sec ou humide de particules atmosphériques (Garcia-Vallés *et al.*, 1998). La formation de cette couche joue un rôle important dans la variabilité de la composition chimique des pierres de construction. Ce phénomène apparaît normalement dans des endroits proches de la surface où les fluides entrent et sortent, ce qui peut contribuer à la redistribution des éléments très solubles (Hayles et Bluck, 1995).

La détermination de la composition et de l'origine des dépôts recouvrant les monuments permet de comprendre le mécanisme de la formation de ces dépôts, d'adopter des mesures préventives afin d'atténuer et de retarder leur formation et de déterminer les meilleures actions de conservation afin de retirer ces dépôts sans effets négatifs sur la pierre, ou tout au moins en limitant au maximum les conséquences (Riederer, 1973).

La microscopie optique, la diffraction des rayons X, la microscopie électronique à balayage, la spectrophotométrie infrarouge, la chromatographie par échange d'ions et les tests de spectrométrie d'absorption atomique et du plasma peuvent permettre d'effectuer une caractérisation minéralogique et chimique des pierres intactes et altérées, ainsi que de détecter les pathologies des pierres des monuments.

Diffraction des rayons X

L'objectif essentiel de toutes les recherches concernant ces matériaux est la caractérisation chimique et minéralogique des matériaux des bâtiments anciens. En effet, elle peut fournir des informations importantes sur la composition et les produits responsables de l'altération, qui permettent d'aboutir à des conclusions conduisant à l'évaluation du degré de délabrement des matériaux et par conséquent de ses causes (Puertas *et al.*, 1992).
La méthode de diffraction des rayons X s'avère efficace pour déterminer la composition minéralogique des échantillons de pierres ainsi que celle de la croûte d'altération, car elle permet de détecter tout contenu minéral supérieur à 1 % (Do, 2000). La méthode de diffraction orientée des rayons X est utilisée pour les échantillons dont le contenu en argile est élevé.
La comparaison des différences dans la composition minéralogique d'une pierre intacte et de la croûte permet de déterminer l'origine de cette croûte.

La pétrographie

L'analyse d'une plaque mince permet d'obtenir des informations essentielles sur de nombreux matériaux inorganiques. Les géologues utilisent la pétrographie de plaques minces pour décrire et classer les roches, les sols et le sable. Les archéologues et les scientifiques chargés de la conservation du patrimoine se servent de cette méthode pour étudier les nombreuses matières inorganiques employées dans la production d'objets culturels. L'objectif de ces analyses, effectuées dans le cadre de l'étude des objets culturels, consiste à identifier correctement les matériaux, à regrouper les objets similaires, à identifier l'origine géologique d'un objet ou de certains de ses éléments et à étudier la technologie de fabrication. Avec certains matériaux artistiques, la comparaison entre les changements structurels et minéralogiques sur des surfaces altérées et les sections intérieures intactes d'un échantillon peut fournir des informations quant à l'authenticité d'une pièce. De même, les plaques minces permettent d'étudier la détérioration de l'art inorganique et de matériaux architecturaux, et d'observer les effets des traitements de conservation sur ces matériaux (Reedy, 1994).
La question la plus habituelle à propos de l'altération de la pierre naturelle concerne l'influence des substances polluantes. Pour y répondre, il faut disposer du plus grand nombre possible d'informations sur la pierre naturelle. Les recherches menées en laboratoire par Holzwarth en 1996 et Livingston en 1988 ont démontré que, si les propriétés pétrographiques particulières ne sont pas connues, les propriétés physiques ne permettent pas d'obtenir toutes les informations nécessaires sur le matériau. En outre, les propriétés pétrographiques et diagénétiques permettent d'expliquer la plupart des déviations des propriétés physiques de sous-échantillons prélevés sur le même bloc de pierre, car certaines de ces propriétés peuvent avoir des conséquences importantes sur l'altération des pierres de construction.
L'un des avantages de la pétrographie de plaques minces est le prix du microscope pétrographique nécessaire aux recherches, qui est relativement bon marché. La plupart des laboratoires peuvent ainsi avoir accès à cette technique, employée habituellement pour effectuer des analyses. Le coût de l'achat et de l'entretien d'un microscope pétrographique est beaucoup moins élevé que celui des autres équipements servant à étudier des objets en pierre, tels que le microscope électronique à balayage, la microsonde à faisceau d'électrons, le diffractomètre à rayons X ou les instruments élémentaires d'analyse (Reedy, 1994).

Le microscope électronique à balayage

La technique du microscope électronique à balayage (SEM) est largement utilisée dans le domaine de la recherche sur les matériaux. Un faisceau de nano-électrons très focalisés est passé sur la zone cible, et l'observation des électrons secondaires générés par ce faisceau permet une résolution morphologique à l'échelle nanométrique (Adler, 1982 ; Van Grieken, 1989 ; McAlister, 1996).
Le type d'informations fournies par le microscope électronique à balayage permet d'évaluer la qualité de la cimentation



Samad (Jordanie).

intergranulaire et la tendance de la pierre à retenir l'eau liée et à absorber le matériau à partir de cette eau. Plus la capacité d'absorption est importante, plus la pierre est susceptible de se détériorer sous l'effet du gel-dégel, des cycles humides et secs et de la cristallisation du sel, et plus il est urgent de la protéger (Lewin *et al.*, 1978).

La détérioration des pierres de construction survenant à la suite de la dissolution du matériau de cimentation est l'un des mécanismes de décomposition ayant les répercussions les plus importantes sur ces pierres. Le microscope électronique à balayage permet de détecter ce processus, en particulier s'il est associé à la technique de fluorescence des rayons X.

Dans des environnements humides, la bio-détérioration peut être le principal facteur de l'endommagement de la pierre, du béton, du mortier, etc. Ce type de détérioration peut être provoqué par des micro-organismes tels que les bactéries, les champignons, le lichen, les algues et les plantes, par exemple la mousse. Alors que les bactéries ont tendance à produire une bio-détérioration en rongeant les surfaces au moyen de la sécrétion d'acide, il a également été démontré que les champignons contribuent à la dégradation de la pierre, du béton et du mortier en pénétrant directement dans la surface. Le microscope électronique à balayage est considéré comme la meilleure technique d'analyse permettant de détecter ces facteurs de détérioration (Tapper, *et al.* 1999).

La fluorescence des rayons X et la spectrométrie d'absorption atomique

Les produits les plus visibles de l'altération de la pierre sont la conséquence de la fragmentation et de la désintégration des éléments minéraux. La dissolution de certains minéraux et la formation ultérieure de nouveaux éléments, moins facile à observer mais tout aussi importante, sont provoquées par l'action d'agents chimiques et biologiques pouvant entraîner l'altération des propriétés chimiques des surfaces exposées aux effets environnementaux (Adler et al., 1982 ; McAlister, 1996).

Par conséquent, la détermination des variations de la composition chimique des surfaces altérées par comparaison avec les parties intactes est une méthode d'analyse permettant d'identifier les agents responsables de la détérioration et de mettre en place les mesures de conservation appropriées.

Les méthodes d'analyse par fluorescence des rayons X et de spectrométrie d'absorption atomique sont fréquemment employées, avec succès, dans la recherche de la composition élémentaire des matériaux inorganiques, intacts ou altérés (Maringer, 1982). En effet, elles permettent de déterminer les concentrations des principaux oxydes : Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_3, SO_3, CaO, K_2O, TiO_2, MnO et Fe_2O_3, ainsi que de certains oligo-éléments, tels que Zn, Rb, Cr, Sr, Zr, Ba et Pb.

La comparaison entre la composition chimique d'une croûte altérée et celle de l'intérieur d'une pierre intacte permet d'identifier l'origine de la formation de la croûte sur les façades en pierre. Elle peut être traitée statistiquement au moyen du concept du facteur d'enrichissement (Ef).

La chromatographie par échange d'ions

Lorsqu'elles sont présentes en grande quantité dans le sol, les solutions salines solubles peuvent probablement endommager davantage un monument que tout autre facteur de détérioration naturelle (Plenderleith, 1979).

L'haloclastie a des répercussions sur les roches, les pierres de construction, le mortier, les briques, la peinture, le verre ainsi que de nombreux autres matériaux poreux employés dans les bâtiments et les monuments. À l'heure actuelle, elle est reconnue comme l'un des agents d'altération les plus fréquents et les plus actifs (Arnold, 1976a, b ; Arnold et Zehnder, 1989). Plusieurs types de sels minéraux peuvent être détectés sur les bâtiments, les plus communs, détectés dans les pierres de construction ; il s'agit des sulfates, des nitrates, des chlorures et des carbonates de sodium, de calcium, de potassium et de magnésium.

La chromatographie par échange d'ions est une forme de chromatographie liquide qui utilise les résines échangeuses d'ions pour séparer les ions atomiques ou moléculaires en fonction de leur interaction avec la résine. C'est la méthode la plus rapide d'analyse des anions.

La chromatographie par échange d'ions est l'une des techniques les plus importantes qui peuvent être appliquées pour déterminer la concentration de Cl^-, NO^-_3 et SO_4^{-2} dans les échantillons de pierre.

Références

Garcia-Vallés M., Vendrell-Saz M., Molera J. et Blázquez F. (1998), I*nteraction of rock and atmosphere: patinas on Mediterranean monuments.* Env. Geol. 36 : 137-149. Springer-Verlag.

Hoke E. (1978), Investigation of weathering crust on Salzburg stone monuments. *Studies in conservation.* 23 : 118-126.

Hughes M. J., Cowell M. R. et Craddock P. T. (1976), *Atomic Absorption Techniques in Archaeology.* Archaeomtry. 18 : 19-37. GB.

Riederer J. (1973), *Die Erhaltung vo Kunstwerken aus Stein in Deutschland.* Maltitechnik-Restaurato. 1 : 73.

Reedy, Ch. (1994), Thin-Section Petrography in Studies of Cultural Materials. JAIC 1994, Volume 33, Number 2, Article 4 (p. 115 à 129)

Tapper, R., Smith, J., Beech, I. (1999), Modern Microscopy techniques for the Study of Mortar Biodeterioration, poster présenté lors de la *International conference on microbiology and conservation (ICMC '99) Of microbes and art: The role of microbial communities in the degradation and protection of cultural heritage.* Tribuna di Galileo, Museo della Specola, 16-19 juin 1999, Florence, Italie, p. 180-184.

Agents de dégradation du bois

Joaquín MONTÓN
Architecte technique
Professeur au département des Constructions architecturales II, de l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Dans des conditions appropriées, le bois est un matériau très durable. On pourrait en dire autant de bien d'autres matériaux de construction, sauf que certains ne l'ont pas encore prouvé. Nous trouvons ainsi des éléments en bois en parfait état dans des édifices anciens de plusieurs siècles. Un grand nombre de ces éléments ont néanmoins disparu sans laisser de traces, complètement dégradés ou détruits, vaincus par les agressions subies, remplacés peut-être ou responsables de la ruine de certains édifices.

Le bois a de nombreux ennemis, des agents qui le dégradent ou le détruisent, mais le choix de solutions constructives appropriées pourra le protéger. Un bon entretien du bois et du bâtiment peut prolonger sa vie utile jusqu'à ce que nous pouvons qualifier aujourd'hui d'éternel, en termes de durée des bâtiments.

Le bois se compose de cellulose, de lignine et d'autres éléments qui attirent et alimentent des organismes vivants du règne végétal et du règne animal.

Entre autres agents destructeurs non biotiques, citons les agents atmosphériques : la radiation solaire, la pluie et, en raison de son grand pouvoir de destruction, le feu.

Chaque agent de dégradation produit un type d'attaque et d'intensité particulier dont les effets diffèrent aussi en fonction de la nature du bois attaqué.

Agents qui dégradent le bois

Comme nous venons de le voir, nous pouvons établir deux groupes principaux d'agents de dégradation du bois : les agents abiotiques et les agents biotiques.

Parmi les agents abiotiques, nous avons la radiation solaire, la pluie, les variations d'humidité et le feu cités plus haut, auxquels s'ajoutent les produits chimiques. Dans la catégorie des organismes vivants destructeurs du bois, citons les insectes ainsi que les végétaux tels que les champignons.

Agents de dégradation abiotiques

La radiation solaire

Du large spectre de la radiation solaire, nous retiendrons les fractions de radiation ultraviolette et infrarouge qui détériorent le plus le bois, et notamment la première.

L'effet de la radiation ultraviolette porte principalement en surface et produit une série d'altérations chimiques qui dégradent tout



Dégradation abiotique du bois.

spécialement la lignine en la décomposant. Elles sont responsables de la teinte grisâtre que le bois prend du fait de la plus grande concentration de cellulose. Si rien n'est fait à ce moment-là, la dégradation continue, la pluie emportera aussi de la cellulose, en faisant apparaître un relief caractéristique en surface ; le bois de printemps, moins compact, est ainsi plus vulnérable que le bois d'été. Si des spores de champignons se déposent à la surface, une dégradation superficielle apparaîtra, accompagnée d'un changement de couleur, le bois prendra une teinte gris foncé ou noircira. Malgré tout, la dégradation due à cette radiation est très lente et peu profonde.

La radiation infrarouge ne dégrade pas directement le bois. L'échauffement produit en surface réduit le taux d'humidité et, ce faisant, devrait entraîner la contraction du bois. Cependant, l'échauffement n'étant pas le même en profondeur, où la température reste plus basse et où par conséquent l'humidité se maintient, il n'y aura pas de contraction. Les tensions résultantes entre la surface, qui tente de se contracter en séchant, et l'intérieur, qui conserve le même taux d'humidité et par conséquent ses dimensions, sont responsables de l'apparition de gerces de séchage à la surface, généralement de petites dimensions.

Il est possible d'atténuer les effets de la radiation solaire en utilisant des protections superficielles. On peut appliquer des peintures, des vernis ou des lasures, le résultat étant d'autant plus satisfaisant que la teneur en pigments protecteurs sera élevée. Il faut néanmoins savoir que ces produits se dégradent eux aussi et

perdent de leur pouvoir protecteur ; il conviendra donc de renouveler le traitement dès qu'ils ne seront plus efficaces.

La pluie

Quand il pleut, le taux l'humidité augmente très vite dans les couches extérieures du bois, mais ne varie pas de la même façon à l'intérieur. Ces différences de taux d'humidité entre les couches expliquent les tensions qui donneront naissance à des déformations, voire à l'apparition de gerces.
Par ailleurs, comme nous le disions plus haut, l'élimination de la lignine en sera facilitée ainsi que les altérations superficielles déjà citées.
Pour finir, un point sur lequel nous reviendrons plus loin, il faut savoir que la plupart des attaques biotiques ont besoin d'un taux d'humidité important pour se développer et la pluie peut créer ce milieu favorable.

Feu

Si une chose est sûre, c'est que le bois brûle. D'autres matériaux de construction ne brûlent pas, mais cela ne veut pas dire qu'ils ne perdent pas leurs propriétés, en totalité ou en partie, au contact du feu.
Le bois se compose principalement de cellulose et de lignine dont l'élément essentiel est le carbone.
Si le bois brûle sans l'ombre d'un doute, il le fait d'une manière singulière qui doit retenir notre attention. En premier lieu, la section du bois diminue, ce qui peut aller jusqu'à la destruction totale, mais c'est un phénomène lent en raison de trois facteurs essentiels, à savoir la teneur en humidité, la carbonisation de la surface et la faible conductivité thermique du bois dont l'influence est la suivante.
L'humidité. Quand la température augmente, le bois perd de l'humidité et consomme ainsi une certaine quantité d'énergie calorifique. En même temps, en perdant de l'humidité, ses résistances mécaniques augmentent.
La carbonisation de la surface. Quand toute l'eau s'est évaporée, les mécanismes de la combustion commencent. Nous n'entrerons pas dans les détails ici et pour simplifier nous dirons que la carbonisation de la surface est un phénomène lent, qui retarde la pénétration de la chaleur à l'intérieur en créant une barrière thermique qui fait office d'isolant. Elle entraînera aussi l'évacuation à l'extérieur des gaz inflammables qui se forment à l'intérieur du bois.
Conductivité thermique. Le bois a une faible conductivité thermique. Par conséquent, quand une pièce brûle, elle conserve des températures relativement basses à l'intérieur et ne perd pas ses caractéristiques mécaniques.
À une certaine température, l'acier se ramollit et se comporte comme une matière plastique, entraînant facilement l'effondrement des structures. Le béton subit quant à lui une série de modifications qui diminuent sa résistance, selon les types de granulat et de ciment utilisés, et qui peuvent aggraver la situation en cas de refroidissement brusque, par exemple, sous l'effet de l'eau déversée pour éteindre l'incendie.
Tous les bois ne brûlent pas de la même manière : les conifères s'enflamment avant les feuillus, du fait de leur richesse en résines, et les bois légers, en général, avant les bois lourds. La section joue aussi –les petites sections brûlent plus facilement– ainsi que la position –la combustion est plus rapide pour les éléments verticaux– et le taux d'humidité –le bois vert prend plus difficilement que le bois sec–.

Agents biotiques de dégradation

De nombreux organismes vivants se nourrissent de bois. Ces espèces appelées xylophages sont des champignons ou des insectes qui dégradent, voire détruisent le bois, en se nourrissant de certains composants. La brièveté de notre article nous oblige à simplifier, ce que nous nous efforcerons de faire dans ce paragraphe en les regroupant non seulement en fonction de leur origine, mais aussi en fonction de la similitude des attaques ou de la dégradation produite sur le bois.
Le schéma ci-après en facilitera la compréhension.

Champignons	Moisissures	
	Champignons chromogènes	Bleuissement
	Champignons de pourriture	Pourriture brune ou cubique
		Pourriture blanche ou fibreuse
		Pourriture molle
Insectes	Cycle larvaire : coléoptères	Lyctidés
		Anobidés
		Cérambycidés
	Insectes sociaux : isoptères	Termites

Champignons

Ce sont des végétaux inférieurs. Leur organisation cellulaire est très primitive (simple) et ils sont constitués de filaments microscopiques appelés hyphes. Ils n'ont ni tige, ni racines, ni feuilles et ne produisent pas de chlorophylle, ce qui les oblige à

s'alimenter de matière organique morte ou à vivre en parasites d'autres organismes vivants dans lesquels ils puiseront la nourriture.
Pour se développer dans le bois, ils ont besoin de 20 % d'eau au moins. La température la plus propice à leur développement se situe entre 20 et 25 ºC.
Nous pouvons classer les champignons qui vivent à l'intérieur du bois en deux catégories : ceux qui en modifient la couleur seulement (moisissures, champignons chromogènes) et ceux qui modifient sérieusement ses propriétés physiques et mécaniques (champignons de pourriture).

Moissures

Ces champignons s'alimentent du contenu des cellules superficielles du bois mais ne sont pas capables d'attaquer la cellulose ni la lignine. Ils ne modifient donc pas les propriétés mécaniques du bois.
On les repère à la formation de spores, généralement de couleur foncée, sur la surface du bois ou quand le corps de floraison prend une consistance pelucheuse.
Normalement, les moisissures ne se développent qu'en surface et on les élimine en frottant.

Champignons chromogènes

Comme les précédents, ils dégradent à peine la paroi cellulaire. Ils se nourrissent de substances présentes dans l'aubier et ne s'attaquent généralement pas au duramen.
Le plus représentatif est le champignon responsable du bleuissement qui, contrairement aux moisissures, pénètre à l'intérieur du bois, raison pour laquelle il est plus difficile de s'en débarrasser.
Bien qu'il n'altère pas les propriétés mécaniques du bois, il augmente son hygroscopicité, ce qui favorise l'apparition de pourritures plus destructives. En outre, l'aspect et la couleur que prend le bois rendent son utilisation inappropriée en menuiserie et en décoration.
La contamination du bois par ses spores est très fréquente dans les scieries où les grumes ont normalement un taux d'humidité très élevé et beaucoup de sève. Pour éviter l'attaque, il suffit de plonger le bois fraîchement scié dans un récipient contenant un produit protecteur. Ce traitement renchérit à peine le bois et élimine le problème.

Champignons de pourriture

Ces champignons sont capables de produire des enzymes qui vont les aider à détruire les parois cellulaires du bois, en diminuant leurs résistances mécaniques et même en les annulant complètement dans certains cas. Ils modifient aussi la couleur du bois et diminuent sa densité. Ils sont très dangereux pour les éléments structuraux. Les conditions favorables à leur développement varient d'une espèce à l'autre, mais ils demanderont toujours une humidité importante et une température appropriée. Le risque de pourriture est pratiquement éliminé, si le bois reste sec.
De nombreuses espèces de champignons de pourriture ont été répertoriées. Pour ne pas nous étendre davantage dans ce paragraphe, nous les regrouperons en fonction des altérations produites sur le bois, identifiables en principe à l'aspect et à la couleur du bois attaqué.

Pourriture brune ou cubique (Basidiomycètes)

Les champignons responsables de cette attaque se nourrissent essentiellement de cellulose et laissent la lignine de couleur marron, d'où le nom donné à cette attaque qui est également appelée cubique en raison du type de clivage produit. La perte de résistance peut être totale, au point que le bois s'effritera entre les doigts.

Pourriture blanche ou fibreuse (Basidiomycètes)

Les champignons responsables de cette attaque se nourrissent essentiellement de lignine et laissent la cellulose, de couleur blanche. Le bois devient fibreux après l'attaque et s'effrite en appuyant simplement avec le doigt. Ce type de pourriture guette surtout les bois de feuillus et beaucoup moins les conifères.
Dans ce cas comme dans le précédent, le bois peut conserver un bon aspect alors qu'il est déjà attaqué et qu'il a atteint un niveau important de dégradation et de perte de résistance, ce qui le rend particulièrement dangereux.

Pourriture molle (Ascomycètes)

Elle est causée par des champignons inférieurs, les ascomycètes, dont les hyphes se développent à l'intérieur de la paroi cellulaire. Ils se nourrissent principalement de la cellulose de la paroi des cellules, en présence d'un taux d'humidité très élevé. Ils sont responsables du ramollissement du bois et s'attaquent généralement à des éléments en contact avec la terre.

Insectes

Les insectes qui dégradent ou détruisent le bois en s'en nourrissant seront classés en deux groupes : les insectes de cycle larvaire tels que les coléoptères et les insectes sociaux tels que les isoptères. D'autres insectes comme la guêpe du bois et l'abeille charpentière sont moins destructeurs, de même que certains mollusques et crustacés xylophages.

Insectes de cycle larvaire

Ce sont des insectes qui vont subir plusieurs métamorphoses tout au long de leur vie. Une fois sortis de l'œuf, ils passeront par l'état de larve, de pupe et pour finir d'insecte adulte. À l'état larvaire, l'insecte vit à l'intérieur du bois et s'en nourrit. En se développant, les larves finissent par creuser tout un réseau de galeries.



Attaque persistante d'anobidés



Larve d'anobidé (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)

Le cycle commence avec la ponte d'un insecte adulte dans les fentes et les fissures du bois. Les œufs donnent naissance à des larves qui s'alimentent des composants du bois en creusant des tunnels. Le bois se trouvera ainsi peu à peu vidé de sa matière solide, ce qui affectera plus ou moins sa résistance, selon l'espèce xylophage en cause.
Pour simplifier, nous les classerons en trois groupes en fonction de la taille des larves et de la gravité des attaques, dans l'ordre ascendant.

Lyctidés (mites)

Il s'agit d'insectes plutôt petits. Les larves mesurent 4-5 mm maximum. Elles s'alimentent principalement d'aubier de feuillus vérifiant des conditions telles qu'un certain diamètre de vaisseaux et une teneur minimale en amidon. Le cycle vital est généralement d'un an, parfois moins si les conditions s'y prêtent. Les insectes creusent des galeries parallèles aux fibres, dans lesquelles apparaissent une poudre très fine. Ils sortent à l'extérieur par des orifices circulaires de 1 à 2 mm de diamètre.
Ce groupe comprend le *Lyctus brunneus step.* et le *Lyctus linearis Goeze*.

Anobidés (vrillettes)

Ce groupe est généralement connu sous le nom de « vrillette », le plus représentatif étant l'*Anobium punctatum de Geer*. Il s'attaque surtout à l'aubier des conifères et des feuillus européens. Si les conditions sont favorables, il peut même attaquer le duramen.
Les larves peuvent mesurer jusqu'à 5 mm. Le cycle vital de ces insectes va parfois au-delà de trois ans, ce qui explique que l'on puisse mettre autant de temps à découvrir leur présence. Ce n'est qu'au bout de trois ans que les larves sortent à l'extérieur pour

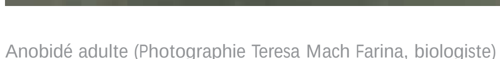


Reticulitermes lucifugus, ouvrière et soldat (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)



Reticulitermes lucifugus, reproducteur secondaire (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)




Anobidé adulte (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)



Larve de cérambycidé (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)

compléter le cycle en se transformant en insectes complets. Les orifices de sortie mesurent de 1,5 à 3 mm de diamètre. Les vermoulures laissées par les larves dans les galeries sont grosses et granuleuses.

Le *Xestovium rufovillosum De Geer* appartient aussi à ce groupe ; il ressemble à l'*Anobium* mais sa larve peut atteindre 11 mm de longueur. Les orifices de sortie sont circulaires et de 4 mm de diamètre maximum. Cet insecte s'attaque à l'aubier des feuillus si le bois est très humide et s'il a déjà été attaqué par des champignons de pourriture. Les vermoulures sont sableuses au toucher et en forme de disques.

Cérambycidés

Le plus connu est l'Hylotrupes bajulus, appelé communément capricorne des maisons. Il attaque l'aubier des conifères. Dans des conditions optimales, son cycle vital peut aller au-delà de dix ans. Considérant par ailleurs qu'il est le plus grand de tous, les dégâts produits peuvent être particulièrement importants quand sa présence est découverte. Les larves peuvent mesurer jusqu'à 22 mm de longueur pour 6 mm de diamètre ; les orifices de sortie sont ovales et ils ont 7 mm de diamètre maximum. La capacité de destruction du bois est très importante, bien plus que dans les cas précédents, raison pour laquelle on appliquera des traitements similaires à ceux destinés aux attaques de termites et à certains cas de pourritures.

Insectes sociaux. isoptères (termites)

Les insectes les plus destructeurs pour le bois appartiennent à l'ordre des isoptères, connus sous le nom de termites.

Les termites vivent en colonies et se caractérisent par un haut niveau d'organisation et de spécialisation. La reine, qui assure la reproduction, est entourée d'ouvriers, de soldats et de néotènes.



Kalotermes flavicolis, ouvrière (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)



Kalotermes flavicolis, reproducteur secondaire (Photographie Teresa Mach Farina, biologiste)



Canal de termites sur un mur plâtré



Attaque de termites derrière une plinthe faite d'une planche de fibres de bois



Distribution des différentes variétés de *reticulitermes* dans la Méditerranée nord-occidentale

Si, pour une raison quelconque, le contact avec le nid est rompu, les néotènes peuvent servir de reproducteurs et fonder une nouvelle colonie.

De toutes les espèces connues dans notre région, la plus importante est le Reticulitermes lucifugus Rossi.

Son nid principal se trouve sous terre, où la température et l'humidité sont à sa convenance, et normalement loin des bâtiments attaqués.

Ces termites attaquent l'aubier et le duramen des conifères et des feuillus, si l'humidité est importante. Ils percent des galeries dans le sens des fibres en laissant toujours une couche extérieure intacte pour se protéger de la lumière et de la perte d'humidité du milieu ambiant. À l'intérieur des galeries, leurs déchets ont une consistance terreuse caractéristique.

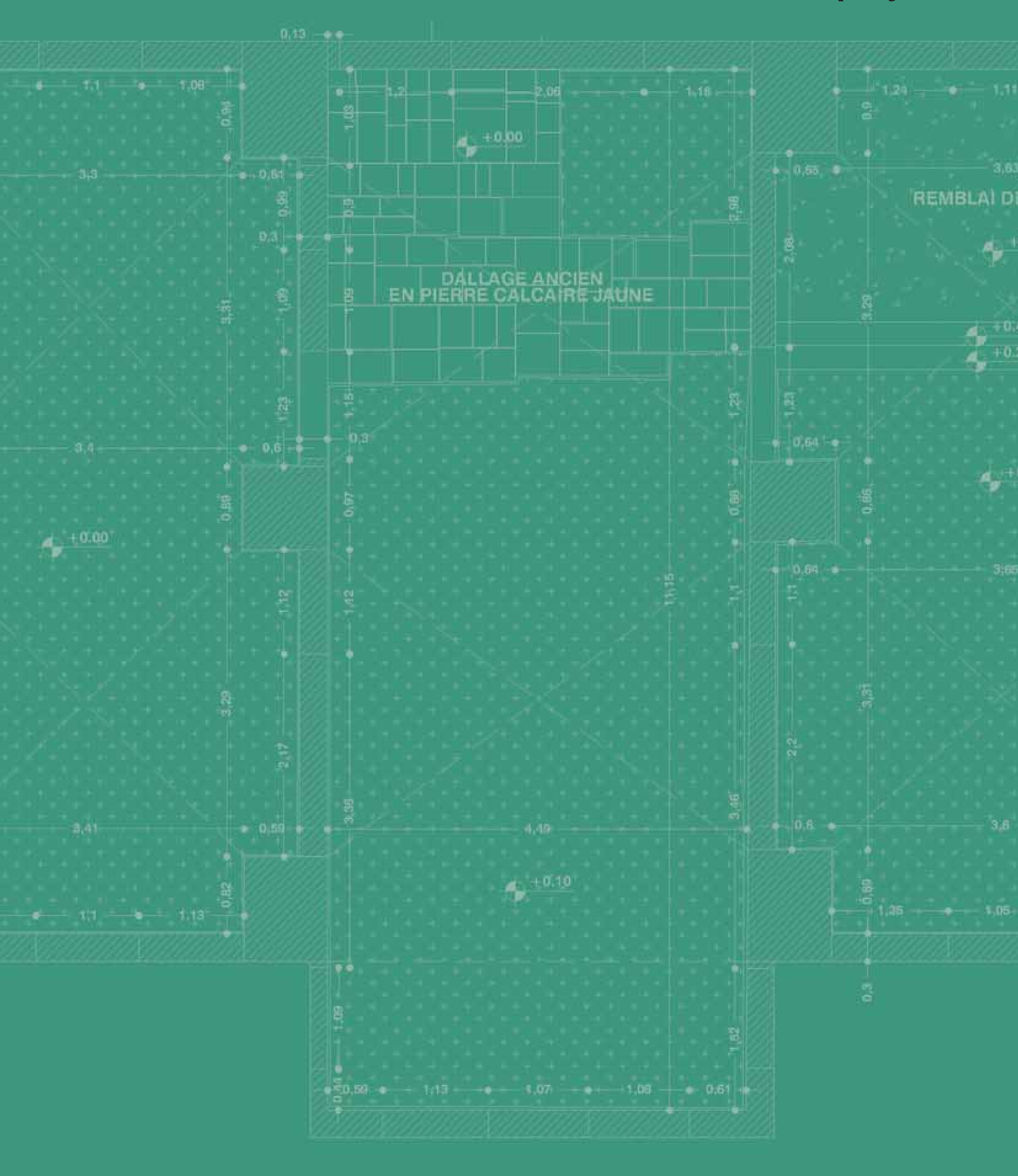
Ils sont difficiles à repérer car ils ne laissent pas de traces de leur présence. Ils se déplacent dans les murs et les poutres et ce n'est que lorsqu'ils rencontrent un obstacle qu'ils passent à l'extérieur. Ils fabriquent alors des tunnels avec des déchets organiques et de la terre pour continuer à se protéger de la lumière et du manque d'humidité. Ces cordonnets sont les rares signes visibles de leur présence qui permettent de les détecter.

Leur pouvoir destructeur est considérable et leur élimination est compliquée, coûteuse et difficile.

L'infestation est telle à certains endroits qu'elle constitue quasiment un fléau et provoque des dommages très graves dont la réparation est extrêmement coûteuse.

D'autres espèces de termites présentes dans nos zones d'intervention sont le *Criptotermes brevis Walker* et le *Kalotermes flavicolis Fabre*, mais leur incidence est moindre que celle des *Reticulitermes*.

II. La réflexion et le project




E TERRE
DALLAGE ANCIEN
EN PIERRE CALCAIRE JAUNE
+0.00
+0.00

Outil 7
Quant aux critères d’une intervention

Outil 7
Quant aux critères d'une intervention

Critères d'intervention dans l'architecture traditionnelle

Fernando VEGAS
Docteur architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École technique supérieure d'Architecture de Valence (Université polytechnique de Valence), Espagne
Camilla MILETO
Docteur architecte
Professeur au Département de Composition architecturale à l'École technique supérieure d'Architecture de Valence (Université polytechnique de Valence), Espagne

Quels sont les critères d'intervention ?

Tout type d'étude, pour profond et multidisciplinaire qu'il soit, ou toute méthodologie d'intervention, pour sérieuse et rigoureuse qu'elle semble, ne garantit absolument pas une intervention correcte dans le processus de réhabilitation architecturale, aussi bien monumentale que vernaculaire traditionnelle. Des études préalables d'un bâtiment faites avec un extraordinaire luxe de détails correspondent parfois à des interventions postérieures qui détruisent l'essence d'un bâtiment ou en modifient complètement le caractère. Des exemples de cette attitude bien intentionnée, mais finalement coupable, abondent dans la discipline de la restauration.

Et ceci est vrai parce que la discipline de la restauration ne constitue pas une science. Les études préalables qui sont faites sur le bâtiment proviennent des branches les plus avancées de la science, qui nous permettent de plus en plus de nous rapprocher de la connaissance intime de la matière et de son histoire, mais la science s'arrête là. Après cela, le projet de réhabilitation appartient à un autre domaine disciplinaire qui n'est couvert ni par la crédibilité ni par l'impartialité de la science.

Le projet de réhabilitation constitue un saut dans le vide qui intervient entre cette connaissance scientifique et la restauration effective du bâtiment. Une preuve de l'absence de la causalité scientifique dans le projet est bien le fait qu'une même étude préalable, effectuée avec toute l'exhaustivité et tous les moyens disponibles, peut être à l'origine d'un grand éventail de projets d'intervention, sans plus de rapports entre eux que le simple fait d'intervenir sur un même bâtiment.

Alors, si toutes les études préalables et les méthodologies d'intervention de ce monde ne peuvent garantir l'adoption d'une voie correcte pour le projet de restauration, quel espoir demeure-t-il pour que l'on obtienne un projet de restauration sensible à l'objet architectural ? C'est en ce point qu'apparaît la notion des critères d'intervention qui doivent précéder le projet, dans tous les cas, et guider les actions de celui qui projette. Ces critères d'intervention permettent de franchir avec certaines garanties de succès le vide décrit entre la connaissance et la récupération concrète du bâtiment.



À l'occasion, la nature finit par s'approprier l'architecture vernaculaire qui devient partie intégrante de l'environnement. Maison à la Pobleta de San Miguel (prov. de Castellón, Espagne).

Les critères précèdent les études préalables. De fait, on ne doit effectuer aucune étude préalable ni appliquer aucune méthodologie déterminée comme on peut suivre mécaniquement ou de manière indolente une recette de cuisine pour préparer un ragoût. Le projeteur entreprend une étude préalable déterminée ou bien il suit une méthodologie, elle aussi déterminée, en étant toujours guidé par ces critères, qui ne sont pas le fruit de son état mental ou émotionnel mais correspondent à une réflexion collective qui va bien au-delà d'une volonté personnelle. Les critères compris ainsi ne sont pas arbitraires, ni ne sont sujets au hasard ou au caprice, pas davantage aux circonstances ou au libre-arbitre du projeteur.

Les critères d'intervention ne constituent pas les options du projet, ne correspondent pas à des images ou à des typologies

prédéterminées, ni n'équivalent aux techniques à employer dans le processus d'intervention. Ils précèdent la connaissance du cas concret du bâtiment à restaurer et concrétisent seulement ses ultimes termes à partir des circonstances particulières de chaque cas.

Il existe des paramètres dans la discipline de la restauration qui guident ces critères. C'est le cas, par exemple, des expériences préalables dans d'autres bâtiments avec leurs erreurs et leurs réussites, des débats qui ont eu lieu dans le passé, des réflexions théorico-pratiques des maîtres de la discipline, etc. Cette réflexion sur la nécessité des critères d'intervention en tant que facteur absolument nécessaire et même indispensable dans le processus de restauration se situe, y compris, au-dessus des études préalables de tout type et des méthodologies les plus rigoureuses et les plus avancées. Enfin, elle sert aussi bien pour l'architecture monumentale que pour l'architecture vernaculaire.

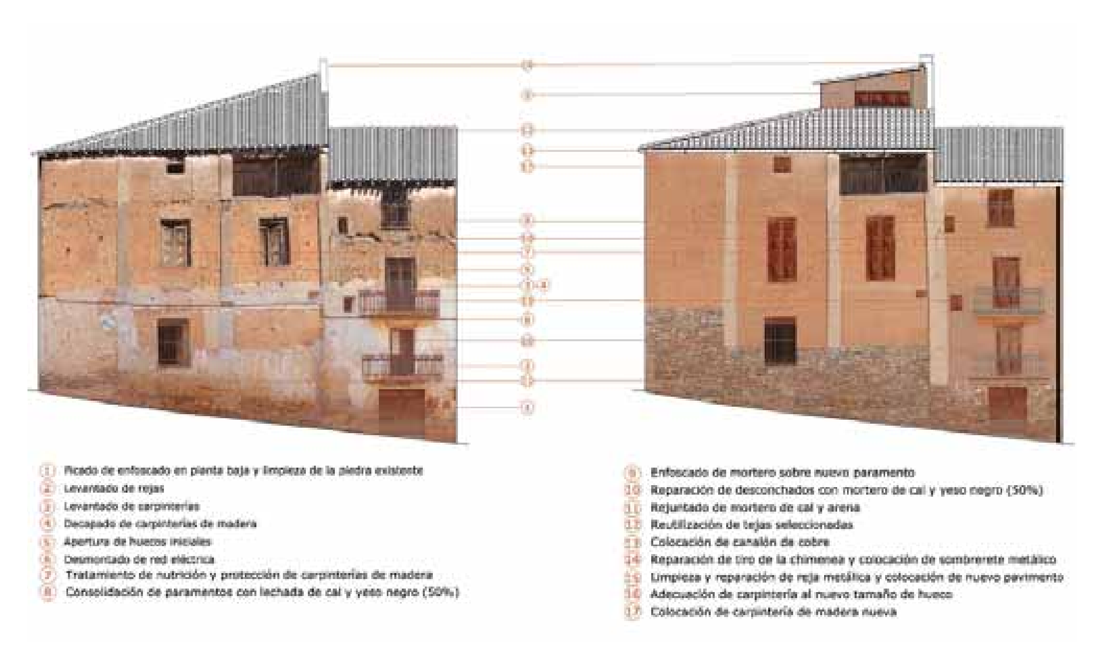
Plus encore, et précisément dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle, ces critères d'intervention acquièrent une plus grande importance étant donné que, dans de nombreux cas, l'absence de moyens pour la réalisation d'études préalables ou la distance géographique et culturelle par rapport aux méthodologies les plus sophistiquées et sanctionnées par les théoriciens de la discipline empêche leur application littérale aux cas concrets les plus fréquents. À ce point, la clarté des critères dans l'intervention devient plus indispensable qu'une infrastructure de connaissances et un manuel de phases de l'action.

Les critères dans l'architecture traditionnelle

L'architecture traditionnelle vernaculaire est celle qui naît intimement liée au paysage. Elle est le fruit de la sage combinaison immédiate de la matière disponible dans cet environnement selon des systèmes constructifs et des techniques artisanales créés par ses habitants au cours des générations et qui répondent à une stricte fonctionnalité. Des conditions environnementales similaires sont à l'origine de solutions d'architecture traditionnelle ayant des logiques semblables. Toutefois, même de cette manière, on pourrait affirmer qu'il existe autant de familles d'architecture traditionnelle que d'environnements climatiques, matériels et socio-fonctionnels.

L'avènement de l'industrialisation a complètement bouleversé les conditions de production de l'architecture populaire qui, avec une fréquence croissante, ne surgit plus liée à la matière première de l'environnement mais aux matériaux de construction commerciaux. Dans de nombreux recoins du globe, l'architecture traditionnelle a cessé d'exister en tant que phénomène actif. Dans le reste du monde, l'architecture traditionnelle survit liée à l'isolement et au manque de moyens, mais on peut prévoir son abandon comme alternative à court et moyen terme, et il convient donc d'envisager dès maintenant sa conservation.

En général, étant donné les difficultés pour reproduire aujourd'hui la spontanéité et la naturalité des constructeurs de l'architecture traditionnelle, il convient de la conserver, puisque la génération de



Le simple nettoyage d'un badigeon historique de façade peut permettre de conserver tout le charme de sa matérialité, de sa texture et de sa patine qui disparaîtraient complètement dans le cas de la substitution du badigeon. Ancienne auberge de routiers à Torrebaja (prov. de Valence, Espagne).

nouveaux exemples n'est pas entre nos mains. Le parc de constructions traditionnelles est parvenu à son comble en de nombreux endroits et, à partir de maintenant, il ne peut que perdre en population, en aucun cas gagner.

Dans l'éventail des critères de restauration possibles de cette architecture en voie d'extinction, puisque dans de nombreux cas elle a cessé de se reproduire en tant qu'espèce, il existe des paramètres simples à prendre en compte et qui permettraient une généreuse prolongation de sa vie utile en même temps qu'ils sauvegarderaient son intégrité.

La matière

La matière de l'architecture traditionnelle doit être conservée dans la mesure du possible. La matière doit être un double objet de protection puisqu'elle reflète deux facteurs de l'architecture traditionnelle : sa constitution ou masse qui l'intègre, et son caractère, exprimé au travers de sa superficie externe. La pierre légèrement érodée ou piquée de lichens, le bois de superficie veineuse, les badigeons intérieurs et extérieurs, les cannes tressées, les murs de pisé, etc. constituent l'enveloppe externe et interne de la maison et leur transformation entraîne avec elle une grande partie du caractère de l'architecture traditionnelle.

L'architecture traditionnelle a autant de probabilités de survivre à un processus de réhabilitation qu'on aura pu observer de soins et de délicatesse au moment de substituer sa matière ou d'occulter ses superficies. Évidemment, la réhabilitation du logement et son adaptation à des standards contemporains devra trouver un compromis entre les nécessités d'habitabilité et la conservation de la matière.

La matière a été modelée par ses constructeurs et, à défaut de connaissance des techniques vernaculaires, il est nécessaire de la conserver pour la naturalité, la spontanéité ainsi que les traces de l'action constructrice d'autrefois. L'existence de couvertures végétales (chaume, jonc, écorce, etc.) oblige à une substitution périodique de celles-ci à cause du caractère périssable de ces matériaux, comme cela s'est toujours produit depuis des temps immémoriaux. Dans ces cas-là, l'inclusion d'un protecteur imperméabilisant supplémentaire sous la couche végétale aidait à sa conservation et allongeait la période entre chaque substitution. Une autre option dans ce cas, moins recommandable mais cependant acceptable, consiste à remplacer la couverture végétale par un autre type de couverture traditionnelle d'une plus grande durabilité, généralement des tuiles. Ce type de transformation a eu lieu depuis toujours dans l'architecture traditionnelle et il a proliféré tout particulièrement au cours de ces derniers temps d'existence de cette architecture. Un hybride d'architecture vernaculaire est toujours préférable à la disparation de celle-ci.

Les superficies de la construction traditionnelle peuvent être affectées de multiples manières, parmi lesquelles l'addition d'isolation thermique à l'intérieur des enveloppes, la réalisation de saignées pour le passage des installations avec des badigeons couvrants postérieurs, le changement de la distribution du bâtiment, etc. Il s'agit de modifications sans le moindre doute nécessaires mais leur acceptation indiscriminée et généralisée finit par transformer globalement l'aspect de l'architecture traditionnelle. On devrait trouver un compromis quant à la conservation de ces superficies qui donnent son caractère à la construction avec l'inclusion des nouvelles installations, au travers de la recherche de solutions les moins dangereuses possibles pour la matérialité de l'architecture traditionnelle.

Les nouveaux matériaux à introduire dans la réhabilitation doivent être compatibles avec la construction existante, non seulement au niveau physique mais aussi chimique et, surtout, conceptuel. Ainsi, par exemple, l'ajout d'une couche imperméabilisante ou d'une couche isolante supplémentaire sous le manteau protecteur végétal, céramique, argileux ou pierreux d'une couverture, doit permettre la transpiration pour éviter que se produisent des condensations à l'intérieur ou, éventuellement, permettre l'évacuation de la vapeur d'eau au travers de respirateurs de divers types.

Dans le cas où l'on doit crépir les superficies externes ou internes de la maison pour une quelconque raison impérieuse qui justifie la perte de la qualité ou de la vibration de ces superficies traditionnelles, le mortier à employer doit se caractériser non seulement par sa capacité à laisser transpirer mais aussi par sa capacité à se déformer. Un exemple clair de ceci peut être le suivant : le mortier de ciment, en général, est le pire mélange que l'on puisse employer dans le badigeon interne ou externe d'une enveloppe. Et ceci pour deux raisons : son manque de transpirabilité et son excessive rigidité par rapport aux murs



Le caractère de l'architecture se reflète au travers de sa superficie externe. De ce fait, il convient de mesurer les effets de notre intervention sur elle. Détail d'une façade à la Pobla de Benifassà (prov. de Castellón, Espagne).

traditionnels, quels que soient ses composants matériels, de telle manière qu'il finit par les détruire.
Dans le même sens, on peut aussi affirmer comme règle générale que les badigeons de réparation de n'importe quel type à appliquer sur les murs traditionnels (terre, pisé, pierre, brique, etc.) doivent avoir moins de rigidité que le matériau qu'ils doivent recouvrir, comme cela se produisait traditionnellement dans l'architecture vernaculaire. De cette manière, on garantit l'intégrité de la maçonnerie à l'avenir, étant donné que le matériau appliqué tombe avant le mur qui le soutient et qu'il recouvre.
Les matériaux employés dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle doivent aussi être compatibles avec la santé des résidents. Le caractère durable et écologique que présente l'architecture traditionnelle par définition ne doit pas être annulé ou assombrit par l'inclusion de nouveaux matériaux qui entreraient en conflit avec la philosophie naturelle et le caractère sain des matériaux existants.


Substitution de la couverture végétale d'une baraque après un incendie dû au vandalisme. Baraque La Genuina à Pinedo (prov. de Valence, Espagne).

La structure

La matière est à la chair ce que la structure est aux os de l'architecture. L'armature qui supporte l'architecture traditionnelle est née de l'optimisation des ressources locales et, normalement, elle répond aux caractéristiques séculaires découlant de son matériau constitutif, le sous-sol où se trouvent les éventuels météores et les mouvements telluriques le cas échéant.
Selon John Warren, il existe trois options possibles quant à la réhabilitation de la structure de l'architecture traditionnelle : la réparation, le renforcement et la substitution. Les éléments structurels peuvent être les poutres, les poutrelles ou les ceintures de bois, les piliers, un élément de maçonnerie, de pisé, de terre, etc. Voyons le sens de ces trois options au travers de l'exemple d'une poutre de bois.
La réparation consisterait à couper une zone pourrie d'une poutre et à la substituer par une prothèse de bois neuf. La transcendance du concept de réparation de la structure réside en ce que non


Bien que cela ne soit pas recommandable, il est toujours préférable de substituer la couverture végétale dans un bâtiment par un autre type de couverture du marché avant de démolir complètement le bâtiment. Baraque Ricart-Navarro à Pinedo (prov. de Valence, Espagne).


La réparation de poutres grâce à des prothèses faites sur mesure permet de conserver en grande partie la matérialité originale du bâtiment. Église de la Pobla de Benifassà (prov. de Castellón, Espagne).

seulement on conserve la matérialité mais aussi on maintient en usage le système structurel original. Dans ce cas, le matériau nouvellement apporté doit être en harmonie avec les matériaux préexistants et pouvoir se distinguer en cas de besoin.

Le renfort d'une poutre faible consisterait en l'insertion d'éléments d'aide ou de soutien, comme cela a traditionnellement été le cas du fer. Il apparaît en effet lorsqu'il est nécessaire d'augmenter la résistance ou les prestations de l'architecture. La réparation maintient la résistance originale du bâtiment, alors que le renfort l'augmente, pour des raisons de changement physique, de respect d'une nouvelle législation ou d'une nouvelle destination du bâtiment. Dans ce cas, on devra éviter un rôle trop important du renfort sur la structure originale.



Un renfort d'une poutre de bois fléchée peut revitaliser au point d'offrir davantage de résistance que la construction originale.

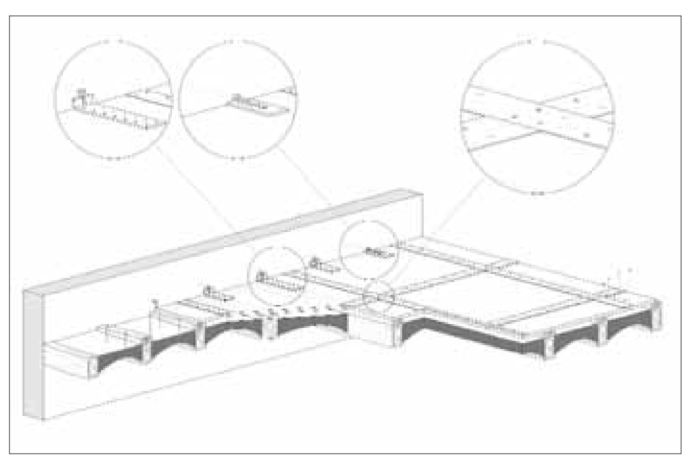
À la différence de la réparation et du renfort, la substitution d'une poutre ou d'un autre élément constructif, même s'il s'agit d'une copie de l'élément précédent, ne conserve pas la matérialité de l'élément original. Plus la proportion des éléments substitués sera réduite, plus délicate sera l'option avec l'architecture traditionnelle. Dans ce cas, on doit au moins faire en sorte que soit conservé le principe structurel du bâtiment qui a autant d'importance que sa matérialité propre.

À cet égard, on peut vérifier que les exigences de la réglementation actuelle en matière de structures ou de résistance antisismique peuvent être affrontées de deux manières diamétralement opposées. Si l'on ignore la structure existante et que l'on confie l'accomplissement de la réglementation à un plancher de béton armé collaborant ou non, on déforme gravement le principe structurel traditionnel. Les structures traditionnelles sont en général de caractère clairement isostatique, de telle manière que l'introduction d'un matériau tel que le béton armé avec son caractère hyperstatique rigidifie l'ensemble et se convertit en une menace latente pour la survie de la maison, du fait du poids ajouté, de son manque de flexibilité ainsi que de son inaptitude sismique dans l'architecture traditionnelle.

Si l'on améliore simplement la résistance de la structure existante avec des renforts métalliques ou d'autres éléments adéquats qui collaborent avec elle pour dépasser cette réglementation, on maintient le principe structurel qui caractérise le bâtiment original, en même temps que l'on contribue à sa résistance structurelle pour atteindre les objectifs requis. Ces renforts réalisés à sec possèdent en outre une parfaite compatibilité avec la structure préexistante, au contraire des renforts liquides tels que le béton, qui provoquent des dommages irréparables au bois des poutres,



Le musée œnologique de la Puebla de San Miguel (prov. de Valence, Espagne) réalisé dans un ancien pressoir de la localité a parfaitement démontré sa compatibilité avec la fonction préalable.



La consolidation à sec d'un plancher de bois et de plâtre permet d'éviter les dommages irréparables que provoque la fameuse couche de compression. Bâtiment dans le quartier maritime de Valence (Espagne).

poutrelles et planches ou dans le plâtre des planchers, qui se convertissent en pâture pour les insectes, les champignons ou la pourriture, en plus de déprécier sa résistance intrinsèque.

La fonction

Le critère fondamental déjà mentionné dans les premiers temps de la discipline de la restauration est le suivant : l'architecture traditionnelle à l'instar de l'architecture monumentale doit avoir une fonction pour garantir son existence future. Pour ce faire, il sera nécessaire d'adapter le bâtiment aux standards de la vie contemporaine.

Préalablement, on doit vérifier de manière raisonnée la compatibilité de l'ancienne et de la nouvelle fonction ; on doit aussi évaluer avec prudence si l'on n'est pas en train de surexploiter la superficie utile du bâtiment au-delà de sa capacité naturelle. Dans les deux cas, la restauration risque d'avoir peu de probabilités d'être menée à bon terme, même dans le cas où l'on agirait avec toutes les précautions et la sensibilité qui sont décrites.

S'il s'agit d'un logement, celui-ci doit réunir les mêmes conditions d'habitabilité que celles qui sont exigées à un logement de nouvelle construction. C'est-à-dire qu'il devra avoir une isolation acoustique et thermique aux niveaux requis par la réglementation, une ventilation et une illumination grâce au vitrage des fenêtres dans le cas où elle n'existerait pas, une parfaite imperméabilisation de la couverture, l'existence d'une cuisine, d'une salle de bains et, le cas échéant, de chauffage.

Avec toutes ces conditions obligatoires, il est possible que soit nécessaire un accord d'engagement qui permette une certaine flexibilité d'interprétation de la réglementation, en partant des conditions préexistantes de la maison. L'agrandissement d'une fenêtre à la recherche d'une meilleure ventilation et/ou illumination peut détruire la façade extérieure du bâtiment. De ce fait, il conviendra de soupeser toutes les possibilités existantes de distribution et de respect de la réglementation avant de faire violence à la façade extérieure du bâtiment traditionnel.

La mise en adéquation fonctionnelle du logement traditionnel à des standards contemporains acquiert une transcendance toute spéciale dans le domaine des télécommunications, étant donné que la diffusion des communications électroniques et la prolifération croissante du concept de télétravail réclament l'incorporation de ces nouveaux moyens d'information et de communication à l'intérieur du bâtiment à restaurer.

La muséification d'un bâtiment traditionnel n'a de sens que si la fonction pour laquelle il a été créé est déjà disparue. Il s'agit d'une option possible et plausible s'il n'y a pas l'alternative d'une utilisation plus active. Mais cette muséification ne peut pas être étendue à l'ensemble des implantations traditionnelles. On ne peut pas muséifier tout un village parce que cela finirait par devenir une sorte de parc thématique artificiel ou une scène de théâtre, même si les constructions étaient bien réelles et pas faites en carton-pâte, comme c'est habituel dans les deux cas. On peut muséifier certains bâtiments traditionnels du village, en même temps que le reste du tissu résidentiel peut maintenir sa fonction d'habitation coutumière.

Relation avec l'environnement

Le projet de restauration doit être attentif à respecter et à conserver cette relation, qui est biunivoque dans le cas de l'architecture traditionnelle. L'image externe de l'architecture traditionnelle a une relation intime avec le paysage qui l'entoure, étant donné que son échelle, sa matière, sa couleur et sa texture ont été directement extraites de lui. L'architecture traditionnelle requiert la conservation de l'environnement afin de justifier sa constitution et sa présence, et l'environnement exige la conservation de la seule architecture présentant des garanties complètes de compatibilité avec lui, c'est-à-dire l'architecture traditionnelle qui est issue de ses entrailles.

Le critère qui vise à la conservation de l'image ne répond pas à un sentiment bucolique ou nostalgique de l'ambiance de l'architecture traditionnelle, qui prétendrait à la congélation du monde dans l'état primitif d'un moment ou d'une époque déterminée. L'image de l'architecture traditionnelle et, par extension, des implantations traditionnelles possède des valeurs relatives à sa dimension et à son échelle humaine, à son intégration avec la nature et à son application inconsciente avant même les principes de l'architecture écologique, qui doivent être reconnues et appréciées.

Pour cette raison même, la restauration de cette architecture traditionnelle doit respecter le critère de conservation de son image habituelle, étant donné que celle-ci est le fruit de la décantation pendant des siècles d'une mise à profit optimum des



Il est inutile de restaurer les bâtiments individuels si l'environnement s'altère simultanément et de manière irrémédiable. Rare cadrage d'Ademuz (Espagne) qui montre l'intégration de l'architecture dans la pente de la montagne.

matériaux et des techniques constructives de la localité. Dans le cas où serait nécessaire l'incorporation d'une annexe ou d'un bâtiment de nouvelle construction dans un environnement de ces caractéristiques avec une forte présence de l'architecture traditionnelle, on devra tendre à une intégration de volumétrie, de couleur et de texture qui permette à cette nouvelle présence de passer inaperçue dans l'ensemble de l'implantation.
Le critère que suggère la conservation de l'environnement ne correspond pas de manière égale à une attitude réactionnaire, utopique ou romantique face au paysage naturel mais à la volonté de la préservation du paysage naturel qui a vu naître l'architecture traditionnelle objet de restauration. Cette conservation de l'environnement est sûrement compatible avec une exploitation raisonnée des moyens et des ressources naturelles, qui tienne compte non seulement du bénéfice économique net mais aussi de l'économie comprise dans le sens le plus vaste et global du terme, en considérant d'autres facteurs tels que la culture, l'histoire, la durabilité et le respect de l'environnement, l'écologie ou l'identité.
La restauration de l'architecture traditionnelle ne peut pas être envisagée de manière indépendante en marge de son environnement ou du paysage qui l'a vue naître. La préservation habile d'un objet architectural en marge de son contexte historique et culturel par excessive transformation de celui-ci peut toujours être célébrée mais elle demeure insuffisante du point de vue de la conservation intégrale de l'architecture traditionnelle.

La mise en œuvre

Les critères d'intervention dans le domaine de la restauration de l'architecture traditionnelle ne doivent pas seulement être présents avant de commencer l'étude préalable ou durant la rédaction du projet comme il a été signalé antérieurement mais ils doivent accompagner le technicien dans l'exécution de la restauration. La mise en œuvre de toutes les études et des idées recueillies dans le projet peut confirmer tous les efforts investis dans ce processus mais elle peut aussi facilement le faire échouer. Pour cette raison même, il convient de ne pas baisser la garde pendant le processus d'exécution des travaux.



Les critères envisagés dans le projet doivent être maintenus et appliqués dans la mise en œuvre, qui constitue la véritable épreuve du feu de ces idées de départ. Maison traditionnelle à Sesga (prov. de Valence, Espagne).

Il y a trois fronts principaux que le technicien doit envisager dans la mise en œuvre du projet : le bâtiment, l'ouvrier et les processus. On ne doit perdre de vue à aucun moment le bâtiment traditionnel pendant le processus de restauration, parce qu'il est possible qu'apparaissent en cours de route de nouvelles données que l'étude préalable n'était pas parvenue à élucider, il peut surgir des nouveautés non prévues dans le projet ou des corrections et des nuances à envisager dans les travaux.
Le meilleur et le plus élaboré des projets ne peut prévoir tous les incidents qui surgissent au cours des travaux de restauration. Toutefois, plus on aura approfondi dans le développement d'un projet, plus grandes seront les garanties d'un bon résultat et moins nombreux seront les problèmes qui apparaîtront. Le critère dans la restauration de l'architecture traditionnelle doit être, par conséquent, un suivi attentif des travaux après une réflexion ou une élaboration exhaustive du projet qui permette de répondre dans la plus grande mesure possible aux imprévus.
L'ouvrier, en tant qu'acteur de la mise en œuvre de la restauration, doit être complice du technicien dans les objectifs de l'intervention. S'il en est autrement, il pourra difficilement s'impliquer dans une obtention optimum des résultats des travaux. Il est important d'investir le temps nécessaire pour l'explication des détails et de leur raison d'être, ainsi que du but global poursuivi par la restauration. À l'occasion, on doit même expliquer à l'ouvrier et le convaincre de la justesse et de la qualité de certains processus et de certaines techniques de construction non habituels dans sa manière de procéder mais nécessaires pour la restauration. Il est fondamental, par conséquent, de sélectionner un ouvrier pour les travaux qui, même s'il ne connaît pas les processus à employer sur le chantier concret, soit au moins ouvert avec une certaine flexibilité à l'écoute et à l'adaptation aux dispositions dictées par le technicien.
Les processus de construction ont une grande importance dans l'aspect final de l'architecture restaurée. L'architecture traditionnelle se caractérise précisément par son caractère artisanal, spontané, naturel, riche en textures et en nuances humaines. L'application indiscriminée et directe de solutions industrielles peut en finir avec ce caractère spontané. C'est pour cette raison qu'il est important de réélaborer toutes ces solutions et d'adapter leur composition, leur application et leur usage à l'architecture traditionnelle. Il s'agit de digérer ces solutions commerciales ou industrielles au travers d'un processus dans lequel le critère du projeteur doit être de les assimiler, de les

améliorer, de les hybrider et de les transformer afin que leur irruption dans le fragile environnement et la matière de l'architecture traditionnelle soit silencieuse, discrète et respectueuse de ce délicat caractère intangible qu'elle possède.

Le projet

Lorsque la réalisation physique de toutes ces études, ou de certaines d'entre elles, n'est pas possible par manque de moyens mis à disposition, elles doivent cependant être au moins considérées et appliquées visuellement et mentalement dans l'observation préalable du bâtiment traditionnel afin d'éviter que le projet n'adopte un chemin erroné. En laissant de côté les études complémentaires qui requièrent des professionnels spécialisés, par exemple, si les plans à l'échelle du cadre de fissures, le relevé matériel ou celui de ses pathologies ne sont pas effectués physiquement, il est cependant possible d'observer, d'annoter ou de marquer à l'aide de photographies et, surtout, de prendre en compte ces informations dans le projet. C'est-à-dire que l'absence de moyens de tout type pour l'exécution réglementaire, officielle et scrupuleuse de ces études ne dispense pas de leur réalisation même si ce n'est que comme parcours mental et méthodologique préalable et nécessaire au projet de restauration.

Ce n'est pas le cas le plus fréquent mais il peut se produire que la réalisation d'une étude préalable exhaustive d'un bâtiment ou bien l'extraction de conclusions précipitées quant au fonctionnement structurel de celui-ci, à ses problèmes constructifs et à ses pathologies diverses, donne des ailes au projeteur et que celui-ci se sente ainsi capable de « perfectionner » l'histoire du bâtiment, de lui ajouter des points finaux ou de corriger de supposés défauts. Pour éviter ce type de déviation, le chemin vers la connaissance que représente l'étude préalable doit toujours être accompagné d'humilité, de respect et de prudence, les mêmes vertus qui devront guider par la suite le développement du projet.

Le projet de restauration d'un bâtiment traditionnel doit rechercher le difficile équilibre entre la conservation de la plus grande partie possible de la matière et l'adéquation fonctionnelle du bâtiment aux standards actuels d'habitabilité. Le présupposé de conservation de la matière affecte non seulement la constitution du bâtiment qui doit maintenir, dans la mesure du possible, la dignité de sa fonction structurelle et constructive, mais aussi ses superficies externes et internes qui transmettent tout le caractère du bâtiment traditionnel à l'observateur et à l'habitant.

Types de projets

Il existe pour l'essentiel trois types de projets de réhabilitation d'un bâtiment traditionnel du point de vue de son usage : (1) ceux qui maintiennent la fonction originale du bâtiment ; (2) ceux qui la transforment en une autre fonction active ; et (3) ceux qui muséifient la construction traditionnelle. Tout en considérant comme donnée de départ un équilibre adéquat entre les superficies du bâtiment traditionnel et un nouveau programme qui ne spécule pas avec une mise à profit abusive du bâtiment, chacune de ces options peut éviter ou provoquer des conflits divers dans la réhabilitation du bâtiment traditionnel.

Les projets qui maintiennent la fonction originale du bâtiment présentent de plus grandes garanties d'évitement des conflits. Si l'on réhabilite un logement traditionnel pour l'adapter en logement contemporain ou une ancienne auberge de routiers en auberge rurale, en essence, on devra incorporer de la manière la plus discrète possible les installations caractéristiques des standards actuels d'habitabilité (électricité, plomberie, sanitaires, cuisine, chauffage, etc.) et améliorer dans la mesure du possible l'imperméabilisation ainsi que l'isolation thermique et acoustique de la construction.

Les projets qui transforment la fonction originale du bâtiment en une fonction complètement différente doivent être attentifs à ne pas faire violence au bâtiment traditionnel dans sa complexion, sa distribution et sa philosophie. Par exemple, la transformation d'un moulin à huile ou d'une ancienne distillerie en appartements peut menacer les grands espaces internes ainsi que l'organisation des fenêtres de ces bâtiments traditionnels par la nécessité de fragmentation. Dans ce cas, les avantages que peuvent générer les installations, l'imperméabilisation et l'isolation ne dépasseront pas les dommages que pourra provoquer la transformation de la conception originale de ces bâtiments conçus pour d'autres fins.

Enfin, les projets qui muséifient une construction traditionnelle présentent l'avantage de s'adapter facilement quant à la distribution et aux besoins fonctionnels par rapport à ceux qui préexistent, sans nécessité de les forcer ou de leur faire violence. Par exemple, la fonction originale ayant disparu, la réhabilitation d'un moulin ou d'un pressoir à des fins d'exposition ethnologique respecte la complexion du bâtiment et, au moins, évoque son ancien destin. Les problèmes dans ce cas peuvent venir des exigences d'une réglementation d'usage de espaces publics qui ne présente pas de flexibilité par rapport à la considération du bâtiment existant et prétend l'application mécanique et scrupuleuse de tous ses aspects.

Accomplissement de la réglementation

L'un des problèmes les plus difficiles à résoudre dans la mise en adéquation fonctionnelle d'un bâtiment traditionnel pour un usage contemporain est, en effet, l'accomplissement de la réglementation en vigueur en matière d'habitabilité, d'accessibilité, de lutte contre les incendies, etc. Dans certains pays, ces réglementations montrent une grande compréhension, un respect réel et une certaine flexibilité face aux bâtiments existants, et ils donnent une certaine précédence à leur

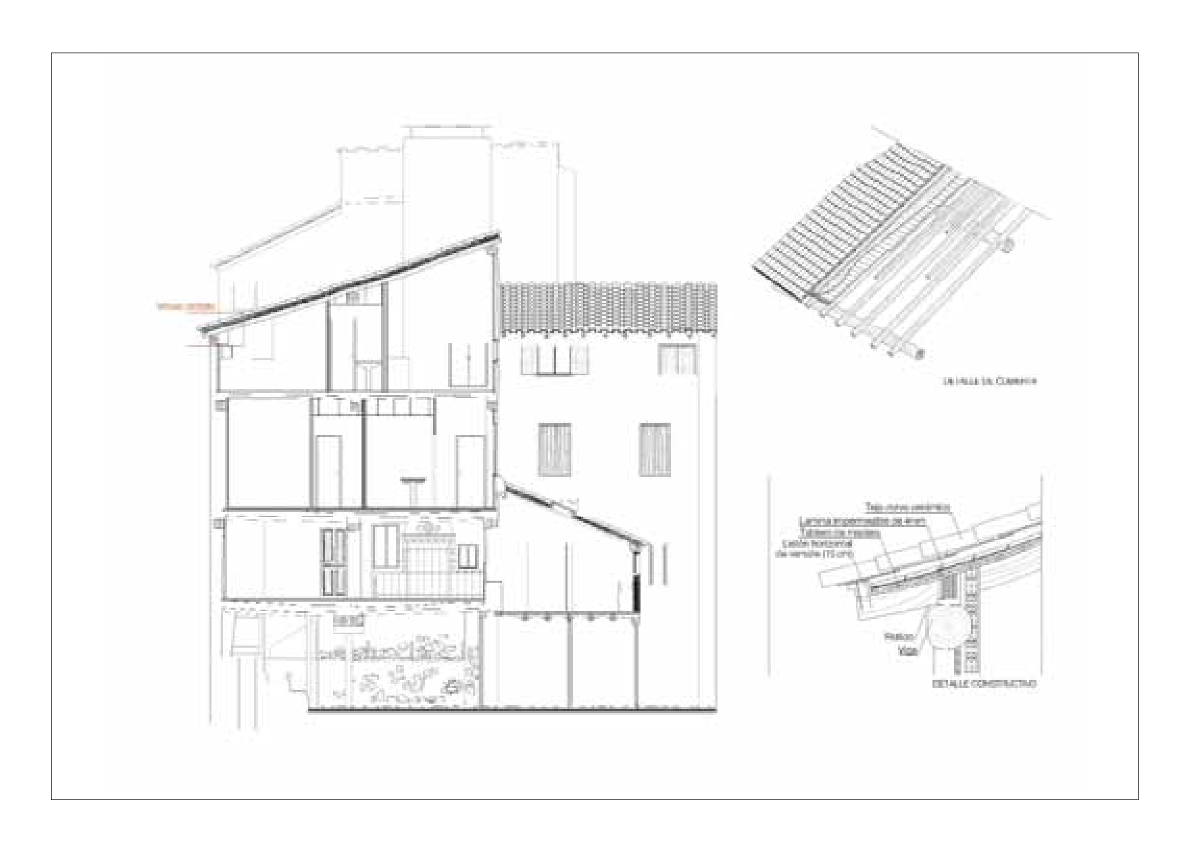
complexion historique face aux exigences de la réglementation. Dans d'autres, par contre, on exige cet accomplissement de manière scrupuleuse, indépendamment du fait qu'il s'agisse d'un bâtiment ancien ou d'une nouvelle construction.

Toutes ces exigences de la réglementation peuvent trouver leur solution mais le projeteur devra appliquer tous ses efforts et son imagination à trouver les options qui affecteront le moins possible le bâtiment dans sa complexion originale. Lorsque ceux-ci ne seront pas suffisants, il devra engager toute sa capacité de raisonnement à convaincre les autorités de la nécessité de la conservation de certaines caractéristiques du bâtiment, ou convenir d'un compromis de conservation avec de légères transformations qui compenseront le non accomplissement total de la réglementation.

Par exemple, on peut éviter de substituer la balustrade trop basse d'un balcon en lui ajoutant un léger supplément dans sa partie supérieure. On peut améliorer l'accessibilité d'un escalier domestique avec une redistribution rationnelle ou compensée des marches existantes. Dans le cas d'un escalier dans un local destiné à un usage public, il se peut qu'il soit impossible de résoudre le problème de l'escalier traditionnel et l'on devra créer un nouvel escalier respectant la réglementation, mais dans ce cas-là on pourra aussi conserver l'ancien escalier qui viendra s'ajouter au nouveau.

Contrairement à ce qu'il pourrait sembler, le bois employé en grande partie dans les structures horizontales des constructions traditionnelles est un matériau magnifique face à un possible incendie, dans tous les cas où il possède la section suffisante pour permettre la fuite sans danger des occupants du bâtiment en un temps déterminé, aspect qui constitue la base de toutes les réglementations anti-incendie. Dans le cas où il ne posséderait pas cette section, il suffirait de la compléter afin qu'elle atteigne la résistance au feu requise par la réglementation.

Le manque d'illumination ou de ventilation de certains espaces peut être résolu par des fenêtres intégrées dans la pente de la couverture, des grandes portes doubles avec des vitres incorporées, des extracteurs mécaniques, etc. L'ouverture d'une porte d'évacuation vers l'extérieur dans le cas d'un bâtiment public peut être résolue en modifiant les ferrures ou en changeant l'encadrement de lieu. Ainsi, il existe tout un ensemble de possibilités alternatives que permettent la conservation d'une grande partie de la matière et de l'esprit des bâtiments.



Section du projet de restauration d'une ancienne auberge de routiers à Torrebaja (prov. de Valence, Espagne), dans laquelle on a tenté de conserver le charme vernaculaire spontané du bâtiment et d'introduire toutes les fonctions découlant d'un usage hôtelier actuel.

Distribution des espaces

La nouvelle distribution du projet de restauration du bâtiment doit tenir compte, avant toute autre chose, de l'existence de la distribution préalable du bâtiment, et elle doit tenter de s'adapter dans la mesure du possible à la logique de son ancien fonctionnement pour éviter de faire violence à sa complexion.
À l'occasion, on devra reconnaître, de préférence au cours de la phase de l'étude préalable, l'incompatibilité du bâtiment pour assumer la fonction à laquelle on avait initialement pensé soit par manque d'espace soit en raison de problèmes de disposition des fenêtres, soit encore par abus de la mise à profit dans la compartimentation de ses espaces internes.
La conservation dans la mesure du possible de la distribution existante participe dans tous les cas à l'économie de l'intervention qui évite la démolition superflue de murs, d'escaliers et d'autres éléments, et la construction des mêmes éléments hors du lieu. En outre, elle permet le maintien du caractère des espaces intérieurs du bâtiment.

Choix des matériaux

Le choix des matériaux nouveaux à incorporer dans le projet de restauration du bâtiment traditionnel doit tenir compte avec une grande attention et une infinie délicatesse des couleurs et de la texture des matériaux existants. Le projet de restauration implique toujours l'incorporation d'un certain pourcentage de matériaux nouveaux dans la construction traditionnelle. Si l'objectif de la restauration vise par-dessus tout la récupération du bâtiment, ce pourcentage devra être le plus petit possible en fonction des besoins.
Cette compatibilité s'obtient grâce au choix attentif des matériaux (le bois, le sable du mortier, le type de céramique, etc.) et de la texture de ses superficies. En effet, l'irruption de finitions lisses et de matériaux mécanisés dans le domaine d'un bâtiment traditionnel peut provoquer un impact de difficile cohabitation avec les éléments préexistants. Il s'agit d'un exercice de réflexion et de choix qui n'implique aucun coût supplémentaire.

Le passage des installations

Le passage des installations, de plus en plus volumineuses et envahissantes, peut provoquer un grand impact dans la construction traditionnelle si l'on n'est pas attentif à une intégration discrète de celles-ci. Les installations d'électricité, de plomberie, de télécommunications, d'éclairage, de chauffage, etc. se sont converties en entrailles du bâtiment contemporain, avec une longueur et une présence qui requièrent une grande quantité d'espace. Le choix entre les diverses possibilités alternatives qu'offre le marché pour trouver la plus adéquate aux conditions et au caractère du bâtiment existant constitue la première étape à adopter pour aspirer à une compatibilité.

Par la suite, il existe deux options claires de situation de ces installations : laisser les installations apparentes, partiellement ou complètement, ou les cacher dans la mesure du possible. Dans le premier cas, le choix de solutions élégantes, de matériaux nobles, l'intégration chromatique ou leur emplacement au-dessus du plan d'éclairage peuvent contribuer à une cohabitation adéquate de celles-ci à l'intérieur du bâtiment traditionnel. Dans le second cas, le doublage de certains murs ou parois, parfois simultané aux besoins d'augmentation de l'isolation thermique, la création de faux sols, le passage sous des étagères ou autres éléments du même type permettent l'incorporation invisible des installations sans affecter l'intérieur du bâtiment.
Dans les deux cas, une bonne dose d'efforts, de réflexion et d'imagination en collaboration avec les installateurs spécialisés peut apporter les solutions les plus adaptées pour respecter le caractère du bâtiment sans que le budget de la restauration n'augmente nécessairement.

L'économie de l'intervention

Une réflexion initiale et l'éventuelle élaboration d'études préalables évitent des erreurs futures dans le projet et dans les travaux, des corrections du sens, des rectifications, des démolitions et des reconstructions non nécessaires. Finalement, cette manière initiale et raisonnée d'envisager les choses ou l'étude préalable au projet bénéficient à l'économie de l'intervention. Dans la restauration de l'architecture monumentale et, à plus forte raison, de l'architecture traditionnelle, on a besoin d'un effort plus important d'analyse et de réflexion au cours de la phase du projet qui permet ensuite d'éviter des frais plus importants pendant les travaux.
La conservation de l'architecture traditionnelle telle que nous la présentons dans ces pages peut être accusée de romantisme, et il est possible qu'une telle affirmation contienne une part de vérité. Toutefois, la conservation de l'architecture traditionnelle possède surtout un versant nettement économique, étant donné que l'entretien des maçonneries, des planchers, des couvertures et des autres éléments de la construction permet une mise à profit optimum des ressources héritées qui sont simplement conservées ou renforcées, au détriment de solutions plus chères telles que la substitution généralisée des éléments. En outre, associés à cet aspect économique, il existe d'autres aspects tels que le caractère durable et respectueux de l'environnement par définition de cette architecture, ses vertus écologiques ou sa volonté bio-constructive, qui sont tous des aspects réclamés actuellement par un grand nombre de techniciens et de futurs propriétaires de maisons.

Les enjeux techniques de la réhabilitation du logement

Michel POLGE
Architecte urbaniste en chef de l'État
Directeur Technique à l'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH), France

Réhabiliter n'est pas seulement sortir d'un état de vétusté, pas seulement remettre en état, mais aussi améliorer. Les problématiques techniques sont de plusieurs ordres. La construction traditionnelle présente :

des pathologies intrinsèques :

- L'humidité, problème récurrent de la réhabilitation: les remontées par capillarité. L'humidité est aussi liée à des infiltrations classiques par l'enveloppe du bâti, par un trop grand confinement qui peut être lié à des isolations mal pensées, par des pratiques d'entretien inadaptées (nettoyage à grandes eaux de logements). D'une manière générale, la porosité des matériaux de construction anciens, combinée avec l'absente de dispositifs de barrières d'étanchéité entre organes constructifs créent un apport constant d'humidité qu'une ventilation inadaptée aggrave. Les conséquences négatives pour le bâtiment sont évidentes; les conséquences pour les habitants sont non moins réelles au-delà de l'inconfort.
- Les carences des matériaux: l'architecture traditionnelle étant bâtie à partir de ressources locales, si celles-ci sont de qualité médiocre, les besoins en réparation sont multipliés (pathologie de pierres, de briques mal cuites, etc.).
- Les attaques traditionnelles des bois: termites, mérule, capricornes, etc., avant que des traitements des bois n'ait été inventés, sachant que ces traitements posent aussi des questions pour l'environnement (c'est ainsi que les traitements organochlorés ont été abandonnés en France).
- la présence de peintures au plomb, notamment, fait courir un risque important de saturnisme en particulier pour les enfants et impose des travaux dans des conditions de travail très particulières. Les canalisations en plomb relèvent aussi de la problématique saturnisme.
- D'autres sujets peuvent encore être cités, comme par exemple les émanations de gaz radon dangereux pour la santé des occupants (le radon est un gaz naturel radioactif cancérigène dégagé par des roches volcaniques –granit, basalte, etc.– qui met en péril la santé des habitants dès lors que des précautions de ventilation et d'isolation ne sont pas prises).

des pathologies dues à des interventions inadaptées, souvent liées à l'emploi sans précautions de matériaux ou de procédés techniques modernes dans l'existant: exemple l'emploi d'enduits ciment sur des façades humides par capillarité sans traiter en



Beyrouth, Liban

même temps ce dernier problème. On peut encore parler d'amiante, produit naturel dont l'emploi s'est révélé très dangereux pour la santé. On pourrait aussi parler d'interventions plus classiques qui ont désorganisé des structures: le plus ordinaire est la suppression de pièces de charpentes (entraits...) pour gagner une véritable habitabilité du comble, ablation structurelle qui suppriment la triangulation originelle.

des besoins d'installation d'équipements de confort non conçus initialement: salles d'eau, chauffage rationnel, énergie, etc. Même dans des pays où la réhabilitation de l'existant est déjà un phénomène ancien, cela reste une priorité pour une large part du parc de logements.

des questions techniques liées à la santé des personnes. Certaines ont déjà été évoquées ci-dessus. Les défauts de qualité de l'air intérieur provoquent encore des maladies respiratoires, des allergies, etc. Le handicap ainsi que l'adaptation au grand âge est aussi un enjeu majeur de l'adaptation des logements du fait des évolutions démographiques et de l'augmentation de l'espérance de vie. Une nouvelle donne qui actualise la question de la mobilité réduite de nombre d'occupants et par conséquent la question de l'accessibilité au logement et dans le logement)

des questions techniques liées à la sécurité. On peut penser en 1° lieu à l'ensemble des accidents de la vie domestique en lien avec l'habitat, nettement moins connus du grand public que les accidents de la route car plus « discrets »: accidents dus à des

réseaux électriques et gaz dangereux, accidents dus à des chutes (les enfants sont des victimes fréquentes faute d'avoir bien prévenu ce risque au niveau des garde-corps), etc., qui font de l'ordre de 400 morts par an en France, etc.

Dans ce domaine de la sécurité, le risque incendie est lourd également et trop souvent perçu par les populations comme une fatalité. Pourtant ne serait-ce que des campagnes d'information et de sensibilisation sur les « bons gestes » limitent les risques quand elles sont menées, et la mise en place d'équipements simples vont dans le même sens (détecteurs avertisseurs autonomes de fumée), sans même parler de sprinklers, trappes de désenfumage, etc.

Ce long inventaire n'a pas la prétention à l'exhaustivité. Il pourrait faire penser que le logement existant est si pathogène que rien ne peut être fait... On peut aussi, à l'inverse, faire preuve d'un optimisme de mauvais aloi et ne rien faire non plus. La question n'est pas là mais plutôt dans l'évidence que, pour ce qui concerne le champ technique, une volonté publique d'améliorer les questions d'habitat, y compris privé, ne peut se limiter à favoriser la remise en état.

Si l'on veut conclure en disant ce que devrait devenir demain le logement existant, on rappellera que l'on recherche :

- un logement sain et adapté, (où sont résolues les questions d'hygiène, confort, accès),
- un logement sûr (où sont résolues les questions de stabilité structurelle et de sécurité et de prévention des principaux risques),
- un logement économe en énergies et en ressources (où sont résolues les questions de coût d'exploitation),
- un logement pensé de façon durable (où sont résolues les questions de pérennité du produit logement).

Sur quelle voie conduire un projet ? quand le décider ?

José Luis GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO
Docteur architecte
Professeur au département des Constructions architecturales I, de l'École technique supérieure d'architecture de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Le projet de réhabilitation

Le projet est le résultat de la somme synergique de plusieurs décisions indépendantes, prises séparément pour résoudre des problèmes partiels. Or, le bâtiment étant unique, ces solutions partielles doivent pouvoir résoudre simultanément tous les problèmes. Telle est la dimension et la difficulté du projet architectural : il ne sera approprié que s'il est l'aboutissement d'un processus fondé sur l'analyse détaillée de problèmes et de solutions débouchant sur une solution unique qui résoudra tous les problèmes.

Si le projet consiste à transformer une architecture existante, les différences par rapport à un projet de construction neuve sont essentielles. S'il s'agit d'un projet d'intervention destiné à réhabiliter une architecture traditionnelle et domestique, les différences ont un caractère très particulier.

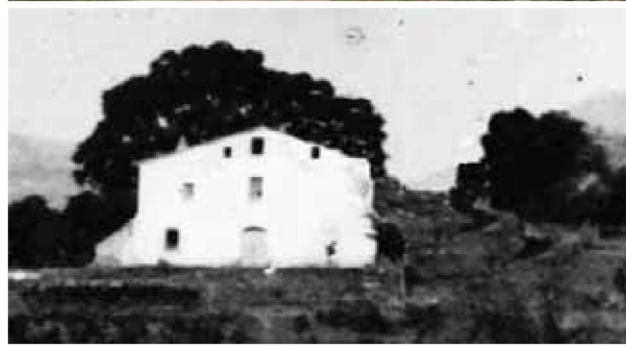
Alors que la construction neuve passe par la compréhension du site et du contexte, intervenir sur un bâti existant passe obligatoirement par la compréhension de quelque chose d'infiniment plus complexe : l'ensemble des éléments constructifs qui enferment et délimitent des espaces, lesquels sont à leur tour la conséquence d'une évolution constructive complexe, très souvent difficile à décrypter (1), un ensemble qui renseigne sur l'identité d'une collectivité et d'un lieu. C'est la première différence.

Cette compréhension implique d'englober des aspects intangibles, des aspects symboliques qui sont difficiles à appréhender, à moins d'écouter patiemment les habitants des lieux, ou des faits historiques qui y sont relatés bien que difficiles à voir, à discriminer et à expliquer. En outre, il faut nécessairement comprendre des faits tangibles tels que les murs (2), les planchers, les voûtes, les charpentes, les sols, et tout spécialement il faut comprendre comment le XX[e] siècle a transformé un aspect peut-être constant dans la manière de bâtir aux siècles précédents, qui a dû changer radicalement sous l'effet de la fulgurante évolution du siècle dernier.

L'habitat traditionnel est la conséquence d'une optimisation, échelonnée sur plusieurs périodes historiques, de modèles associés à des usages qui sont parvenus à une conception parfaitement adaptée au lieu et à la manière de vivre des occupants. Mais, à l'aube du XX[e] siècle, les conditions d'usage ont changé radicalement et ont conduit à :

- l'augmentation de charges actives à la suite de rehaussements ou de l'annexion de nouveaux éléments en hauteur dont les forces agissent sur les murs des étages inférieurs (3) ;



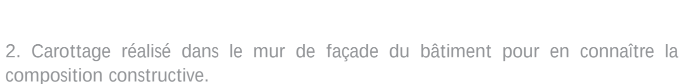






1. Le bâtiment de la figure tel qu'il se présentait avant l'intervention (a) était l'aboutissement d'une complexe évolution historique (b).




2. Carottage réalisé dans le mur de façade du bâtiment pour en connaître la composition constructive.



3. Renfort en tôle métallique de l’assise de la voûte d’escalier sur un arc.

- l’augmentation de la population qui utilise le même parc bâti ;
- la perte de la tradition de l’entretien pour conserver les éléments conférant une certaine résistance aux agents atmosphériques, tels que les enduits qui sont essentiels au maintien des capacités portantes des murs. Les murs en pisé qui sont très sensibles aux agressions de l’intempérie (4) en sont un bon exemple.

Ainsi analysons-nous des bâtiments qui, au XIXe siècle, pour parler d’une époque concrète, pouvaient être en parfait état de conservation mais qui, en plein XXe, commencent à se dégrader, non parce qu’ils avaient été mal conçus au départ, mais sous l’effet de ce puissant changement de conditions d’usage et d’entretien.
Comprendre tout cela demande quelques efforts et, dans les lignes précédentes, nous avons donné des repères qui aideront à y parvenir. De toute évidence, avant d’arriver à une bonne compréhension, il serait immoral d’essayer de développer le projet d’intervention architecturale.

La marche à suivre

Supposons que l’architecte ou l’ingénieur soit arrivé à cette compréhension. Il convient de rappeler brièvement ce que nous avons déjà dit des principes appelés à régir les bâtiments, à savoir que chaque élément est la conséquence de la nécessité de :

- délimiter un espace fermé par une forme matérielle construite, stable dès le départ ;
- améliorer le cadre environnant et de la sécurité des occupants ;
- satisfaire le sentiment du beau auquel prétendent tous les peuples, aussi simples soient-ils, de par leur condition humaine ;
- un bâti aussi durable que possible grâce à un entretien approprié ;
- une méthode de production aussi efficace que possible.

Une bonne méthode pour développer un projet consiste à suivre, dans une première approche, un itinéraire comprenant une étude du rapport problème-solution vu sous l’angle de chaque principe pris isolément. Cela fait, il faut évaluer la compatibilité ou l’incompatibilité des solutions partielles pour aboutir à d’autres solutions qui, probablement à mi-chemin entre les unes et les autres, permettront de résoudre raisonnablement les problèmes, même si, prises isolément, elles ne le font pas à la perfection. L’itération de la procédure conduira finalement à la proposition de projet définitive.

Espace et structure

Le projet architectural de réhabilitation doit tenir compte du fait que l’espace est déjà défini. Le point de départ de tout projet de construction neuve, c’est-à-dire penser à la manière d’organiser un espace déterminé à partir du programme, est déjà fait. Dans ce cas, la mission est autre : il s’agit de commencer par comprendre l’espace, sa raison d’être ainsi que les possibilités d’y introduire des changements en modifiant légèrement les éléments existants.
Il faut bien se représenter que l’espace doit son existence à un ensemble d’éléments que nous appelons généralement structure. Or, ce mot n’existait pas dans la terminologie de la construction antérieure au XXe siècle. Toute modification importante dans l’espace implique des modifications structurelles.
Ces éléments se différencient principalement des éléments actuels en ce que ceux qui stabilisent et ceux qui délimitent l’espace coïncident, de sorte que la structure sert d’enveloppe ou l’enveloppe de structure. Autrement dit, quand nous nous





4. Mur en pisé qui a perdu son enduit protecteur faute d'entretien.



5. Carottage réalisé pour analyser le terrain sous les fondations du mur en brique pleine.

référons aux constructions traditionnelles, parler de structure revient à parler d'enveloppe dans 90 % des cas.

Cette manière de concevoir un bâtiment est généralement méconnue des professionnels qui se sont formés au XXIe siècle, époque où la spécialisation des éléments constructifs implique d'assurer la stabilité du bâtiment pour certains et de séparer de l'extérieur pour d'autres. Aussi convient-il de relever cette différence dès le début.

Avant de prendre une décision, il est indispensable de suivre le mécanisme de connaissance et de compréhension exposé plus haut. Or, l'un des aspects fondamentaux à aborder dans la composition d'un projet est la nécessité, posée par de nombreuses législations nationales, d'adapter le nouveau bâtiment aux réglementations ou aux codes techniques, qui sont toujours destinés aux ouvrages neufs. La difficulté est énorme et le projet devra la surmonter puisque, par définition, les codes techniques sont voués à améliorer les conditions des bâtiments neufs par rapport aux anciens. Par conséquent, il est pratiquement certain que les anciens ne remplissent pas les conditions stipulées pour les ouvrages neufs.

L'itinéraire à suivre doit analyser tous les facteurs qui interviennent dans la stabilité des éléments structuraux ; il faudra vérifier quelle intervention parvient, au moins, à réduire le plus la distance au facteur de sécurité établi par le nouveau code.

La situation est différente si la réglementation se réfère seulement aux actions gravitaires ou si elle inclut les effets sismiques. Dans le premier cas, tout dépend du niveau de sécurité stipulé par la réglementation applicable aux ouvrages neufs, ce niveau se situant entre 2,5 et 3. Si le calcul diagnostiquant la sécurité d'un bâtiment ancien établit un niveau 2, nous pourrions être tentés d'en conclure qu'il n'est pas sûr. Pourtant, il serait insensé de le soumettre à un traitement de renfort ardu et agressif, dans la mesure où un équilibre constaté sur des dizaines d'années –en supposant qu'aucune pathologie n'ait été détectée– est une vérification aussi scientifique, si ce n'est plus, que l'application d'une réglementation.

C'est un cas qui se produit fréquemment lorsqu'une étude géotechnique, par exemple, conclut que le terrain sur lequel un édifice est construit depuis deux ou trois cents ans n'est pas apte à en garantir la stabilité. L'erreur pourrait provenir de l'application d'un coefficient de sécurité disproportionné, mais aussi d'une analyse du terrain effectuée aux abords de l'édifice et non pas sous les fondations où le substrat pourrait être différent (5).

La question change si la réglementation tient compte des actions sismiques. Dans les régions où l'intervalle entre deux épisodes graves de tremblements de terre échappe à la mémoire collective, les constructeurs ne prévoient pas de systèmes antisismiques. De nouvelles normes fondées sur des données historiques et géologiques précises, qui étaient inconnues jusqu'à présent, peuvent alerter sur la probabilité d'un nouvel épisode sismique et sur la vulnérabilité évidente d'un bâtiment à cet égard. Bien entendu, il ne s'agit pas d'un cas pathologique, mais il faudra profiter des travaux de réhabilitation pour introduire les renforts nécessaires.

Environnement et enveloppe

En ce qui concerne l'environnement, le projet exige de dresser le bilan minutieux des prestations de l'enveloppe du bâtiment à réhabiliter par rapport aux variables élémentaires qui caractérisent un environnement : en premier lieu, celles qui sont issues du milieu naturel comme l'eau de pluie ou l'humidité du terrain, la chaleur ou le froid et l'éclairage naturel ; et en second lieu, les variables issues de notre propre existence, telles que le bruit et la pollution.

Cette étape doit envisager trois niveaux d'étude : le niveau géographique, celui du contexte immédiat du bâtiment et le bâtiment.




6. Menuiserie en aluminium avec cassure de pont thermique et double vitrage pour atteindre les niveaux de confort et d'économique d'énergie exigibles.



7. Plancher en bois lamellé, calculé pour une stabilité au feu de 90 minutes, afin de garantir la sécurité tout en conservant l'aspect traditionnel.

Il faut se rappeler que la plus grande transformation survenue au XXe siècle résulte de l'augmentation de l'offre de la technique en matière de commodité et de confort (6). Si l'enveloppe du bâtiment est un élément fondamental pour créer à l'intérieur un milieu favorable à la vie, notre civilisation actuelle à laquelle il convient d'incorporer l'architecture traditionnelle, exige d'améliorer ces conditions ambiantes. À cet effet, la seule solution consiste à utiliser des installations de toutes sortes : l'eau et l'électricité dans pratiquement tous les cas et le chauffage pour un grand nombre.

L'étude portant sur la limitation de la demande énergétique –également encouragée par l'Administration publique qui l'a réglementée pour la première fois depuis peu– revêt une grande importance, car les installations qui contrôlent la chaleur ou le froid sont les plus encombrantes. N'oublions pas que la dernière tendance consiste à incorporer des systèmes de réfrigération dans les lieux excessivement chauds l'été. En outre, le besoin d'économie d'énergie est une source de nouveaux éléments, non seulement à l'intérieur du bâtiment mais aussi à l'extérieur. Depuis peu, toute construction a l'obligation de prévoir des systèmes d'énergie solaire pour l'eau chaude sanitaire. Observer comment ce facteur, auquel nous ne pouvons renoncer, influence l'architecture traditionnelle est un défi intéressant.

N'oublions pas non plus la sécurité des occupants, dont l'un des aspects-clés, absent des constructions anciennes, relève de la sécurité en cas d'incendie (7) et il faudra nécessairement réaliser cette adaptation. Nous devrons aussi contrôler d'autres aspects de moindre envergure tels que la sécurité d'utilisation.

Les valeurs esthétiques et symboliques

Mais ce n'est pas suffisant : l'ensemble de tous les éléments doit également créer un message visuel dont nous puissions être fiers et qui servira de signe identitaire. En d'autres termes, non seulement ils devront résoudre tous les problèmes d'ordre pratique, mais encore ils seront en consonance avec notre culture visuelle et symbolique. En définitive, comme nous l'avons dit, la construction se doit aussi de satisfaire le sentiment du beau auquel prétendent tous les peuples, aussi simples soient-ils, de par leur condition humaine.

Toutes les variables qui y concourent sont perceptibles principalement par la vue ; aussi seront-elles associées aux caractéristiques visuelles des deux constantes essentielles dans l'art des bâtisseurs : la forme et la matière.

La forme est définie par son contour, son profil et par les volumes perceptibles dans la troisième dimension perpendiculaire à l'observateur, tout cela étant tributaire de l'éclairage.

La matière est définie par les caractéristiques visuelles de sa surface, essentiellement formée de deux variables : la couleur et la texture. Du fait de la complexité de tout matériau de construction, ajoutons aussi le dessin formé par les lignes de séparation entre différentes couleurs et textures, qui caractérisent les différents matériaux, et les traces inévitables dues à la mise en œuvre ou à d'autres raisons.

Les décisions prises à la lumière de ces considérations devront aussi être en consonance avec les décisions précédentes et, surtout, ne jamais se trouver en contradiction avec les sentiments consolidés des usagers (8).

Durer le plus longtemps possible

Le passage du temps est inexorable pour le bâti. On aura beau vouloir l'éviter, les éléments constructifs subissent des variations dans leurs caractéristiques essentielles, de formes et de matières, de sorte que, tôt ou tard, ils perdent leurs prestations initiales. Or, tout cela est prévisible et il est possible d'y remédier pour une bonne part.

On se penchera nécessairement sur le fait que toute construction résulte de son histoire et que, dans ce devenir historique, des facteurs apparaissent et produisent parfois des modifications de



8. Application de stuc traditionnel sur la façade du bâtiment.



9. Imperméabilisation sous les tuiles par la pose d'une plaque ondulée qui garantit l'étanchéité sans modifier l'aspect extérieur.

l'état initial qui peuvent conduire à des lésions, des détériorations. Leur étude sera nécessaire pour les corriger d'abord, mais aussi pour en tirer des conséquences et les appliquer à la conception de nouveaux éléments en leur assurant un avenir dans lequel ces facteurs de dégradation seront neutralisés.

Les pathologies peuvent affecter des systèmes structuraux et avoir sur ceux-ci de fâcheuses conséquences, mais aussi des éléments dont le rôle consiste à créer un espace intérieur agréable, y compris au toucher, à savoir les finitions.

Le projet doit comprendre à fond la raison de ces pathologies et inclure leur résolution intégrée.

L'expérience démontre que les éléments les plus marqués par l'histoire, c'est-à-dire par le passage du temps, sont exposés aux intempéries, en contact avec l'extérieur, la pluie, les températures extrêmes, l'eau du sous-sol, etc., et qu'ils se dégradent inévitablement, faute d'un bon entretien.

N'oublions pas non plus que ces éléments extérieurs jouent le double rôle de protéger les éléments structuraux, murs ou ossatures de couverture ou de voûtes, et d'être le support visuel de toutes les propositions esthétiques, symboliques et identitaires de la construction.

Par conséquent, il faut obligatoirement que le projet analyse les facteurs de dégradation afin de les contrôler, de les corriger et de proposer des solutions qui permettront de leur résister de mieux en mieux, mais surtout il faut agir sans renoncer aux valeurs esthétiques, symboliques et identitaires qui leur sont associées (9) ; qui plus est, il faut les renforcer.

Les techniques de production

Pour accroître la longévité au maximum, il est d'une importance extrême que les caractéristiques des matériaux employés, notamment des nouveaux matériaux, soient compatibles avec les matériaux existants, ce qui sera déterminé de manière exhaustive. Toutes les répercussions à long terme sont à considérer pour éviter des effets secondaires indésirables. En général, le choix entre les techniques « innovantes » et les techniques « traditionnelles » sera rigoureusement argumenté et il semble raisonnable d'accorder la priorité aux moins invasives d'entre elles, qui sont plus compatibles avec les éléments existants, compte tenu bien sûr des conditions de sécurité et de durabilité (10).

Tout cela implique en principe d'abandonner les techniques en vogue dans la deuxième moitié du XX[e] siècle, non seulement parce qu'elles ne remplissent pas ces conditions, mais aussi parce qu'elles se sont révélées clairement pernicieuses très peu de temps après leur application.

Sans aucun doute, les interventions envisageables à partir de ces critères exigent d'une part de connaître à fond le bâtiment à réhabiliter, c'est-à-dire de développer au maximum tout ce que nous venons d'exposer en matière de diagnostic et, d'autre part, de connaître très précisément non seulement les techniques actuelles qui sont moins agressives mais surtout les techniques traditionnelles qui ont donné naissance à sa forme d'origine. Acquérir ces connaissances est loin d'être facile ; en effet, une technique qui n'est plus utilisée tend généralement à sombrer dans l'oubli, ce qui peut comporter une difficulté peut-être insurmontable : l'absence d'ouvriers, de maçons, de plâtriers, de stucateurs, etc., capables de faire aujourd'hui ce que faisaient leurs pères ou leurs grands-pères.

Toutes ces questions sont à prendre en considération dans la composition du projet. Si, par exemple, il n'y a pratiquement aucune chance de trouver un maçon capable de monter une voûte sarrasine,



10. Voûte sarrasine, renforcée par un doublage traditionnel en brique plate pour respecter la compatibilité des matériaux.



11. Façade terminée.

il faudra penser à une solution alternative. En définitive, le projet doit partir des possibilités techniques de l'endroit où il va se développer. Si cela vaut pour un ouvrage neuf, c'est encore plus vrai et de loin pour un projet de réhabilitation d'architecture traditionnelle.

Dernières considérations

Au terme de cette procédure, qui permet, d'une part, de comprendre l'objet sur lequel nous intervenons et, d'autre part, de savoir quel sera l'objet final de notre intervention —un engin du XXI[e] siècle qui, en tant que tel, aura un sens pour les habitants du XXI[e] siècle également—, nous pourrons enfin envisager le projet d'architecture. De toute évidence, nous savons par expérience que les mécanismes de la pensée ne sont pas si radicaux et que, dès l'étape de compréhension, des propositions surgissent déjà quant à la manière de résoudre le projet.

Il n'est pas néfaste qu'il en soit ainsi, à moins que les idées jaillies avant la compréhension prennent corps au point de s'imposer, même si elles contredisent les conclusions de l'étape de compréhension. C'est un piège dans lequel les architectes peuvent tomber très facilement. Les idées architecturales préalables sont valables en tant qu'hypothèses dont la validité est à vérifier justement lors de la phase de compréhension du bâtiment ; elles constituent en retour des facteurs de stimulation pour les recherches destinées à développer cette phase de compréhension.

En conclusion, le projet devra atteindre les objectifs d'adéquation de l'espace, d'adéquation de l'environnement immédiat, d'intégrité du bâtiment et de ses occupants, en partant des ressources financières et techniques disponibles, de sorte que le résultat final sera conforme aux yeux des occupants et de toute la collectivité du point de vue de la satisfaction des désirs d'esthétique et d'affirmation de leur identité (11).

La valeur de l'innovation pour la qualité dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle

Fabio FATIGUSO
Docteur-ingénieur
Professeur assistant au Département de Réhabilitation du Bâti
(Polytechnique de Bari), Italie
Collaborateurs : groupe de travail de recherche
(Giambattista De Tommasi, Mariella De Fino et Albina Scioti)

Assurer la « continuité de la vie » du patrimoine historique construit au travers d'un « usage approprié » est l'objectif de base pour une conservation qui peut être considérée, au-delà du concept de la simple préservation, comme une action dynamique de construction future, en termes de « conservation intégrée »[1] dans le cadre des réalités sociales, économiques et culturelles du territoire.

Cette question est particulièrement importante pour l'architecture traditionnelle de la région méditerranéenne, étant donné que l'attribution de nouvelles fonctions, ou même la simple préservation des fonctions originales, peut entraîner l'altération des valeurs formelles, techniques, matérielles et fonctionnelles. Les bâtiments conçus pour des usages spécifiques ne peuvent pas nécessairement répondre aux conditions modifiées en rapport avec les destinations fonctionnelles dont les standards ont inévitablement évolué avec le temps. Même la conservation, apparemment simple, de l'usage résidentiel qui est prédominant dans les centres historiques peut mener à ces contradictions. En fait, la pratique a montré, d'un côté, que les états critiques pour l'efficience fonctionnelle ne sont pas seulement présents lorsque la nouvelle destination implique des transformations structurales, fonctionnelles ou d'équipements et, d'un autre côté, que la continuité de la destination résidentielle pouvait permettre la conservation des caractéristiques originales du bâti, dans la mesure où cette destination était basée sur des activités changeant peu et/ou impliquant un comportement très flexible. En outre, la qualité de la vie à une époque du passé donnée nécessitait des espaces ainsi que des fonctions qui ne sont absolument pas appropriés à la qualité imposée de nos jours pour assouvir les besoins modernes.

Plus encore, les interventions de mise en adéquation de la fonctionnalité du patrimoine construit ont souvent produit, tout particulièrement au sein des centres historiques, une « adaptation » assortie d'altérations ainsi que d'introductions forcées d'éléments et de caractéristiques qui ont modifié les aspects typologiques et morphologiques originaux de manière presque dramatique lorsqu'on les compare avec la perspective théorique.

La définition des outils théoriques, techniques et technologiques constitue un défi important pour traiter correctement les questions aussi bien de la réutilisation que de la continuité de l'usage de l'architecture traditionnelle. Celle-ci devrait éviter le transfert de méthodes adaptées ou l'application servile de solutions fonctionnelles et/ou technologiques qui ont déjà été expérimentées pour de nouveaux bâtiments.



Les « Sassi » de Matera



Le large hypogée des « Sassi »

Dans ce cadre, l'innovation des approches et des solutions technologiques peut être, bien au-delà de la revendication de la modernité en elle-même, un instrument essentiel pour faire face à la difficile connexion entre la conservation des valeurs architecturales et morphologiques des bâtiments anciens et les nécessités de la vie moderne ainsi qu'à la mise en conformité aux réglementations et aux standards en vigueur, de même qu'à la demande de niveaux de performance de plus en plus spécifiques et complexes.

Qualité et règles dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle

En général, dans les pays de la région méditerranéenne, le niveau minimum de qualité pour un bâtiment est défini au travers d'un système de paramètres ou de standards, par quelques dispositions qui font le plus souvent référence aux « nouvelles » constructions, sans aucune attention spécifique au bâti existant, qu'il soit historique ou même plus récent.

En outre, pour l'architecture traditionnelle et historique, la « philosophie » commune aux réglementations prescriptives de la construction vise le contrôle de la qualité au travers de l'imposition d'entraves et de limitations pour les procédures pratiques, de telle manière que l'on obtient pas toujours un bon résultat, lui-même en rapport avec les questions techniques et formelles.

L'insuffisance générale des dispositions a été démontrée par différentes études[2] ; en effet, les qualités environnementales ont été déterminées par des conseils génériques ainsi que par des impositions limitatives de paramètres numériques, parfois même en conflit les uns avec les autres, sans la moindre attention aux particularités de l'intervention ou du territoire, sans la moindre explication des raisons de la limitation imposée et sans la moindre solution alternative pour répondre aux besoins requis[3] .

En clair, la particularité de l'architecture traditionnelle méditerranéenne rend difficile, parfois inappropriée, la translation de la qualité du bâtiment en paramètres et en standards objectifs : l'expectative apodictique pour répondre de manière automatique aux conditions au travers de l'observance des dispositions est absolument inadéquate. Ces modèles évitent l'intervention de réhabilitation, en termes aussi bien de « simple » entretien que de rénovation, ou bien ils résultent déconnectés des caractéristiques structurales, typologiques, fonctionnelles et technologiques des artefacts.

Et ce, même si, par rapport aux différents contextes territoriaux et, en conséquence, aux caractéristiques spatiales, matérielles, techniques et technologiques spécifiques, la morphologie du tissu construit, les typologies ainsi que les dimensions particulières des unités architecturales primaires, aussi bien en plan qu'en façade, de même que les caractéristiques constructives constituent un obstacle pour la stricte observance des standards quantitatifs et numériques contemporains, imposés par les modèles prescriptifs. En fait, les espaces irréguliers avec des surfaces sur- ou sous-dimensionnées sont très présents –depuis les simples logements ruraux nord-africains d'une ou de deux pièces et les maisons élémentaires du centre ancien de Bodrum, en Turquie, jusqu'à la vaste hypogée des « Sassi » de Matera, en Lucanie– ; les hauteurs internes extrêmement variables doivent être étudiées –depuis les petites structures de terre en Algérie jusqu'aux hauts plafonds de Rashid (Rosette) en Égypte, depuis les constructions rurales basses et compactes du Portugal jusqu'aux paliers élevés de plusieurs centres historiques italiens ou provençaux– ; de même que doivent être prises en compte les impostes de voûte surbaissées, marque caractéristique des espaces traditionnels de Matmata et de Médenine en Tunisie, les maisons à terrasse et en « tour » de nombreux centres historiques de l'Italie du Sud, de même que les planchers en bois (largement répandus dans la région méditerranéenne) qui évitent une articulation spatiale correcte. Plus encore, les connexions verticales sont parfois difficiles à réaliser parce que les hauteurs de palier sont trop élevées pour des volées d'escalier commodes qui seraient alors trop longues. Parallèlement, la ventilation ainsi que les conditions d'éclairage sont fréquemment inadéquates et ne correspondent pas aux conditions exigées, à cause de l'absence de fenêtres convenables, comme dans de nombreux pays de l'Est et de l'Ouest de la Méditerranée où la réduction des ouvertures vers l'extérieur était



Structures de terre traditionnelles dans les Aurès (Algérie)



Architecture traditionnelle à Matmata (Tunisie)

traditionnellement imposée par la protection contre l'intempérie et pour la sécurité. Même quand les fenêtres sont suffisamment grandes, elles ne permettent pas toujours un bon éclairage à cause de la proximité des constructions voisines (Pensons un peu aux centres historiques dans la région des Pouilles !). Un autre thème est lié à l'accessibilité pour les personnes handicapées, dans le cadre du bâtiment lui-même et du contexte urbain dans son ensemble. Une étude faisant référence aux centres historiques de quelques communes italiennes ayant un ensemble important de bâtiments traditionnels datant du Moyen Âge[4] a montré que, conformément aux dispositions en vigueur, 30 % des pièces n'avaient pas les caractéristiques géométriques et dimensionnelles pour être considérées comme étant habitables, 40 % des espaces n'étaient pas bien ventilés et éclairés, 100 % des maisons n'avaient pas d'escalier adéquat. Des résultats similaires pourraient probablement être obtenus pour d'autres zones méditerranéennes, du fait de l'homogénéité des caractéristiques morphologiques.

Approches innovantes pour la récupération de la qualité

Pour dépasser l'approche prescriptive, il faut parvenir à la qualité. En effet, un niveau de qualité ne répondant pas aux conditions modernes pour une partie de la ville ayant une importante extension et une certaine valeur emblématique n'est pas acceptable, de même si l'on considère toutes les implications sociales, économiques et culturelles. En conséquence, les méthodes de même que les procédures doivent être définies pour la réhabilitation du bâti historique traditionnel –particulièrement lorsqu'il a une destination résidentielle– afin de respecter les qualités environnementales et fonctionnelles exigées par la vie contemporaine et les dispositions en vigueur. L'objectif peut être la définition de valeurs de performance que l'architecture devrait présenter afin de répondre aux conditions spécifiques ainsi que le conseil de solutions technologiques et fonctionnelles ayant pour but leur satisfaction.

Le modèle guide de performance pour garantir la qualité dans le cadre du processus de réhabilitation des bâtiments semble convenir, dans la mesure où il permet de déterminer des standards de qualité que l'on peut comparer avec ceux qui s'appliquent aux nouvelles constructions, il permet aussi de préserver les caractéristiques historiques, architecturales et morphologiques du patrimoine construit existant. En conséquence, il empêche d'appliquer des entraves prescriptives qui ne doivent pas être prises en compte mais interprétées au cas par cas ou dérogées.

À cet égard, au fil de ces dernières années, plusieurs études et recherches ont été développées en Italie afin de réviser les outils de gestion pour les transformations du territoire et des villes en termes de performances. D'importantes expériences dans ce domaine sont précisément en rapport avec la conservation et la réhabilitation de centres historiques et/ou d'espaces d'architecture traditionnelle, dans lesquelles les méthodologies et les procédures utilisées ont souvent fait référence aux particularités du contexte de la construction territoriale, par des instruments de pratique innovants, tels que les laboratoires de quartier[5] , les manuels de réhabilitation et les codes pratiques[6] . Les laboratoires de quartier, par exemple, ont été des expériences significatives qui avaient pour but la découverte de nouvelles voies pour simplifier les choix concernant la réhabilitation physique, économique et sociale d'importantes parties de la ville. Toutes ces expériences ont partagé la constitution d'un centre où toutes les décisions étaient prises, concernant aussi bien les aspects de gestion que les aspects technico-technologiques, avec la participation des habitants, des administrations et des entreprises. Le Guide de la réhabilitation permet de gérer la qualité urbaine et architecturale grâce à des




Architecture traditionnelle à Médenine (Tunisie)



Maisons « tour » à Molfetta (Italie)

actions de prescription et de guidage, et ce de trois manières différentes : premièrement, une action contraignante mentionnant les matériaux ainsi que les éléments de construction ne pouvant pas être perdus au cours des travaux de transformation, même s'ils sont cachés *ante operam* ; deuxièmement, une action prescriptive qui indique les matériaux ainsi que les techniques devant être utilisés pendant le projet, s'il n'y a pas de contrindications ; enfin, troisièmement, une action indicative illustrant au travers de divers exemples les critères ainsi que les méthodes devant être considérés par les concepteurs du projet.

Une récente recherche sur ce sujet[7] met l'accent sur une approche méthodologique particulière, plus concrètement sur un outil pratique de prescription de la performance qui permet, grâce à une plus grande flexibilité et à un moins grand nombre d'impositions, de profiter des potentialités de la construction traditionnelle existante et, par conséquent, de retrouver les valeurs environnementales et géométrico-typologiques pour une conservation globale et intégrée des bâtiments. Ce modèle est composé de *spécifications* de *performance*[8] , c'est-à-dire d'éléments de guidage et de vérification pour l'obtention de la performance. Ceux-ci sont corrélés avec des *solutions convenables*[9] , qui sont des solutions spatiales et technologiques particulières non basées sur des valeurs décrivant certains paramètres de demande mais répondant aux buts des conditions cohérentes avec la construction.

Ensuite, les approches de performance pour la réhabilitation de l'architecture historique traditionnelle offrent suffisamment de discernement par rapport aux caractéristiques particulières des bâtiments soumis à la réutilisation, et de liberté quant aux applications des valeurs pour l'obtention des résultats attendus en termes de qualité. Elles sont basées sur un processus à étapes progressives, depuis la définition d'un « système d'usages » –c'est-à-dire l'ensemble des choix techniques et technologiques venant du schéma de demande et des buts de performance– et d'un « système de valeurs » –l'ensemble des engagements vers la transformation imposés par l'architecture afin de préserver sa propre identité– jusqu'à la définition de critères et de méthodes adéquats, au travers du contrôle de congruence permettant de s'assurer d'une qualité d'usage d'un bâtiment contemporain et de la conservation de la nature historique du patrimoine bâti traditionnel.

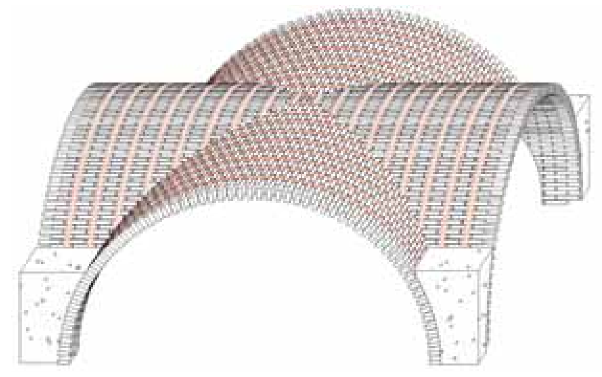
Enfin, on peut faire référence aux voies opérationnelles pour atteindre les conditions mentionnées, parfois expliquées par des solutions convenables, aussi bien en termes de « méthodes traditionnelles » que d'« usage moderne » des éléments matériels, techniques et structuraux historiques de même que d'approches technologiques innovantes, au travers de l'intégration entre tradition et innovation de la construction. Le tableau présente un schéma d'approche de performance possible pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle historique.

L'innovation technologique pour la qualité

Si l'on s'en tient aux expériences de ces dernières décennies, l'emploi de méthodes et de matériaux traditionnels dans le cadre de la réhabilitation de l'architecture traditionnelle peut être considéré comme approprié dans son ensemble, avec une congruence valable entre le *système d'usages* dû aux conditions de référence et au *système de valeurs* historiques, architecturales et techniques.

En conséquence, la qualité technique de l'intervention faisant référence aussi bien aux aspects fonctionnels —du confort environnemental à l'équipement technologique— qu'aux aspects architectural-formel, matériel, statique-structural mène à une « qualité convenable » de tous les choix et solutions impliqués —la proposition de matériaux et de technologies caractérisant le bâtiment existant est évidemment celle qui convient— et à une « qualité de relation » —le bâtiment peut conserver le cadre

7

Renforcements de voûtes par des polymères à fibre renforcée (PFR)

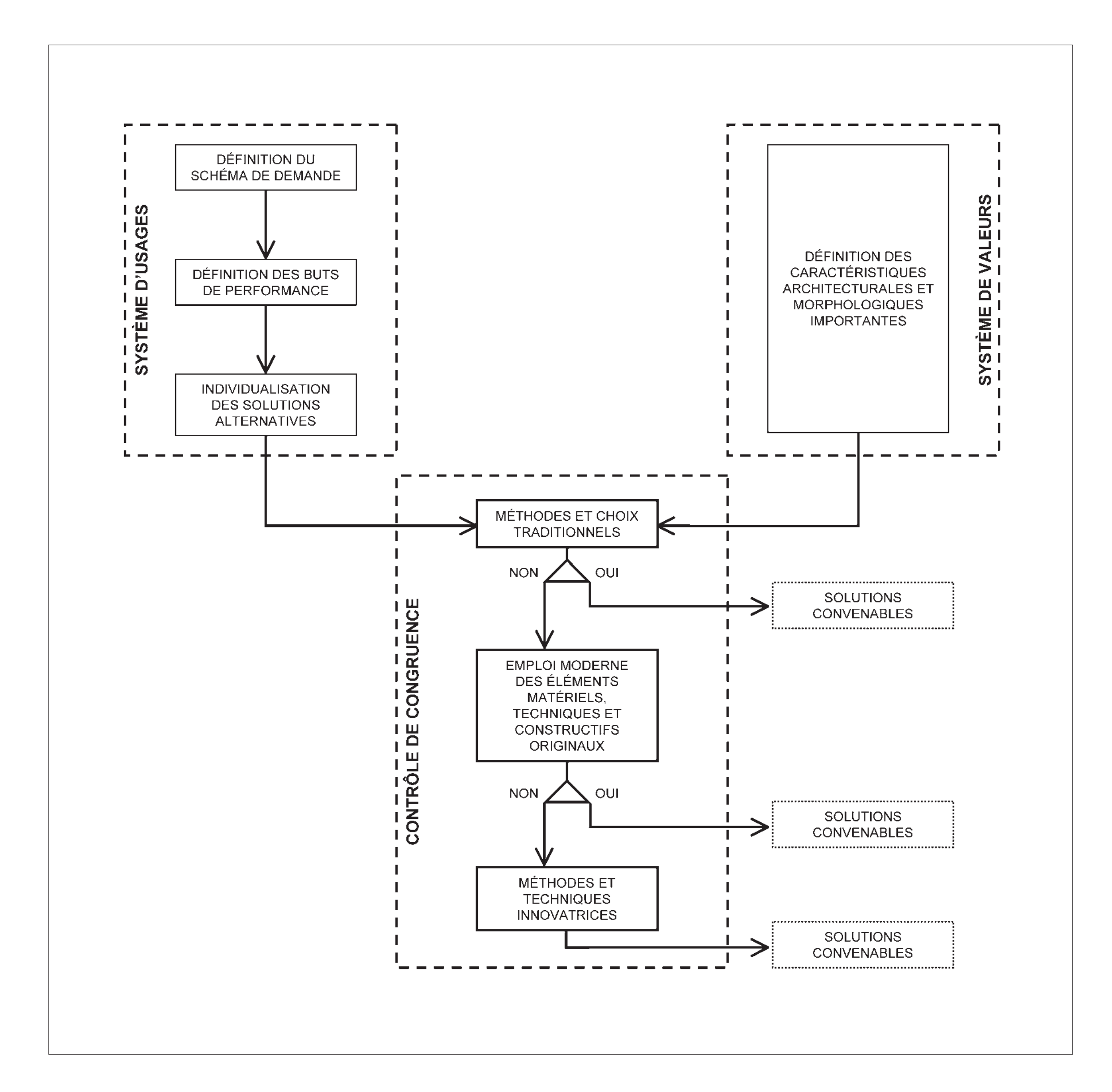


Schéma logique d'une approche de la performance possible pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle historique

formel, technique et structural et par conséquent une substantielle homogénéité—. Ceci est valable au-delà de toute évaluation philosophico-culturelle quant à l'efficacité de l'approche choisie pour la conservation du *système de valeurs* historico-architecturales.

Les thèmes mentionnés ci-dessus, venant du débat contemporain sur la réhabilitation de l'architecture historique, expliquent le large usage qui est fait des techniques traditionnelles, contrairement à l'emploi de matériaux et de technologies modernes qui a été largement adopté et non critiqué, dans le passé récent ou plus ancien, sans un contrôle préliminaire adéquat et en profondeur des effets induits.

Cependant, ceci ne doit pas empêcher l'innovation dans la réhabilitation du bâti. Un nouvel équilibre entre espaces, matériaux préservés et nouveaux éléments fonctionnels et technologiques doit être trouvé comme outil de préservation plutôt qu'un besoin futile de modernité, afin de rapprocher la tradition —lorsqu'elle ne peut pas répondre à des conditions spécifiques— et le monde contemporain. Le but principal n'est pas la transformation du bâti mais la connexion entre les conditions de performance et la conservation de son authenticité et de son langage structural original, au travers de l'emploi de produits et de systèmes évolués qui sont en mesure de faire face de manière appropriée au manque de performance des bâtiments réalisés avec des techniques traditionnelles mais ne pouvant pas être réhabilités avec elles. Cette approche peut ne pas concerner

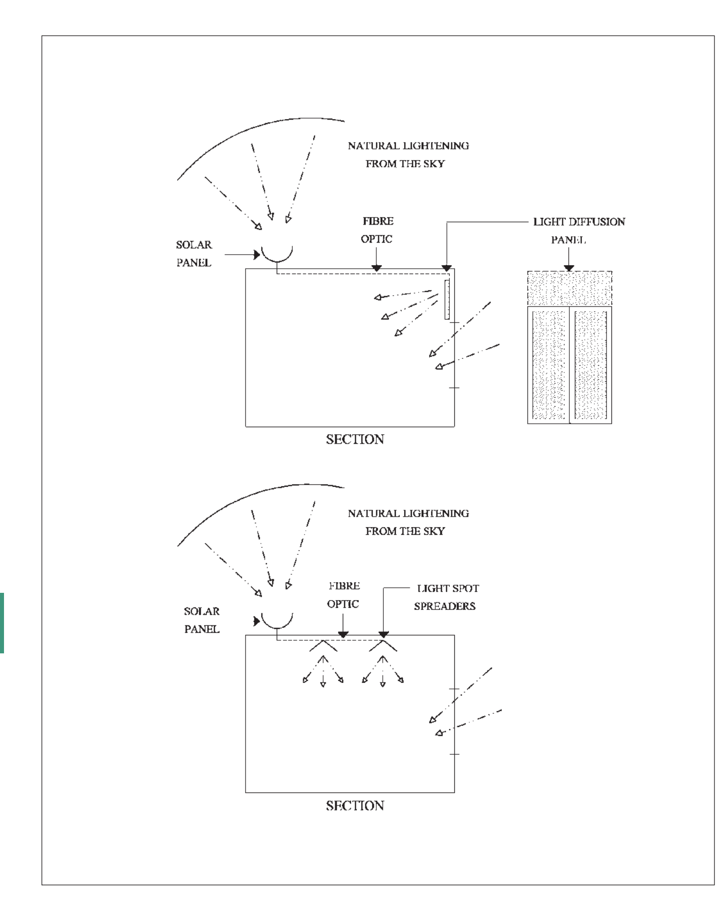
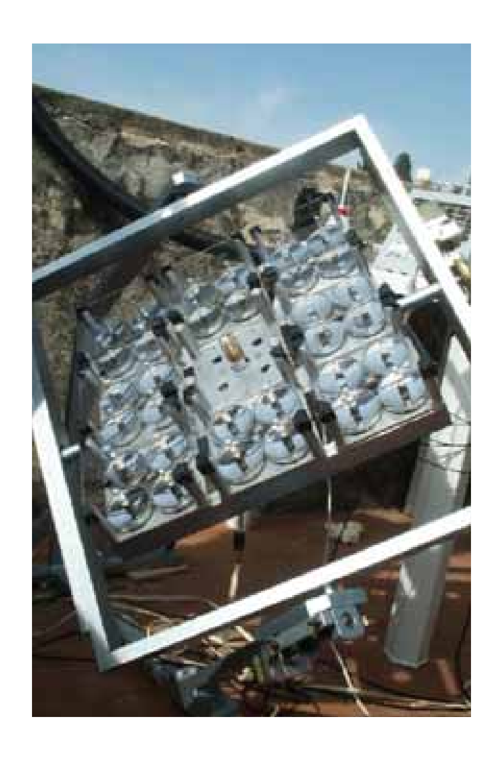


Schéma de système d'éclairage basé sur la technologie de fibre optique



Panneau solaire collecteur

une règle inutile et contre-productive mais une capacité de choix pour les situations dans lesquelles l'emploi de matériaux et de technologies modernes peut être plus souhaitable afin de respecter les caractéristiques globales de la construction : parfois, et pour répondre à des problèmes spécifiques, l'architecture historique semble mieux accepter l'insertion de technologies « légères », par exemple les technologies les plus modernes —visant l'intégration davantage que le remplacement—, plutôt que des interventions « lourdes », traditionnellement utilisées dans la pratique de la construction pendant ces dernières décennies et en rapport avec les méthodes et les techniques de substitution et de reconstruction.

Toutefois, l'innovation n'est pas seulement en rapport avec les matériaux et les systèmes ayant un contenu hautement technologique et compatibles morphologiquement et technologiquement, qui sont capables d'offrir une bonne durabilité, une bonne résistance mécanique, une bonne aptitude à la maintenance et à l'intégration avec des techniques, des matériaux et des éléments traditionnels. Elle concerne aussi l'adaptation et la mise à profit des caractéristiques de performance et de qualité en rapport avec les produits traditionnels existants, largement expérimentées dans le secteur de la construction.

Par exemple, les polymères à fibre renforcée (PFR) ont été employés pour permettre aux bâtiments existants de répondre aux nouveaux standards de sécurité ainsi qu'aux contraintes inattendues, telles que celles qui peuvent être produites par un tremblement de terre, même si l'on doit faire très attention parce que les expérimentations sont très limitées et que les modèles de calcul et d'analyse ne sont pas complètement créés, tout spécialement pour le renforcement de maçonneries dans lesquelles l'emploi de matériaux composites est tout à fait récent. Les PFR présentent de nombreux avantages. Ils utilisent une petite quantité de matériau, en termes d'épaisseur et de poids. Ils sont faciles à poser et à retirer. Ils ne modifient pas le comportement original des structures étant donné qu'ils travaillent après le dépassement de la résistance élastique de l'élément. Au-delà des modalités opératoires générales, un large éventail d'applications peut être envisagé pour le renforcement des arcs et des voûtes —afin de permettre à ces structures de supporter les contraintes élastiques auxquelles elles sont soumises pour combiner les contraintes de compression et de flexion— ou pour le cerclage des maçonneries ou des éléments de construction séparés —afin d'éviter les dommages produits par le manque de connexion entre les murs—. Les thèmes mentionnés ci-dessus mettent l'accent sur le fait que l'emploi des PFR pour le renforcement structural peut être plus efficace et moins intrusif pour la conservation des caractéristiques matérielles et architecturales que d'autres matériaux et technologies apparemment plus en rapport avec la tradition constructive.

La résolution des problèmes en rapport avec l'éclairage intérieur lorsque la construction gêne l'entrée de la lumière naturelle est un autre exemple dans lequel des approches et des procédures innovantes sont plus effectives que les méthodes traditionnelles dans le cadre de la conservation de l'architecture historique. En fait, la solution la plus traditionnelle, c'est-à-dire la transformation des ouvertures préexistantes et/ou la réalisation de nouvelles ouvertures, est aussi la moins souhaitable à cause des appareils historiques et architecturaux. Au contraire, l'emploi de systèmes d'intégration de la lumière, par exemple ceux qui sont basés sur le captage de la lumière naturelle et son transport, peuvent offrir des solutions plus intéressantes : depuis les lanternes, solutions traditionnelles architecturalement congruentes, jusqu'aux transporteurs de lumière hautement innovants[10] , qui sont capables de capter et de transporter la lumière solaire dans les pièces à l'aide de tuyaux à réflexion interne (*internally reflective pipes*). Des systèmes à fibre optique peuvent aussi permettre d'intéressantes solutions innovatrices ainsi que des développements à venir pour transporter la lumière naturelle à l'intérieur des bâtiments . Le système d'éclairage naturel basé sur la technologie de la fibre optique est capable de fournir à l'environnement un type d'éclairage du même spectre que la lumière naturelle. L'éclairage produit dépend directement d'un éclairage externe et son intensité se modifie aussi en modifiant l'éclairage externe. Il suit donc le cycle naturel[12].

En référence aux exemples précédents, un choix entre les méthodes traditionnelles et les solutions innovatrices est toujours possible ; par contre, dans le cas de l'équipement technologique de l'architecture historique, en termes d'installations fixes non posées au préalable, cette possibilité n'existe pas. Ainsi, dans ce domaine, l'innovation est en rapport avec les systèmes et les produits avancés capables de faire face à la complexité technologique pour apporter au bâtiment une sécurité ainsi que des standards de confort adéquats, au moyen de l'intégration dans les réseaux technologiques et de conservation de l'architecture et de la structure matérielle. Dans ce cas, l'innovation peut supporter les approches méthodologiques bien connues destinées à minimiser le « trouble » induit par les dispositifs technologiques, particulièrement dans l'architecture historique diffuse dans laquelle l'attention aux artefacts originaux est plus faible que dans les bâtiments monumentaux. La diffusion des systèmes d'automation semble offrir d'intéressantes perspectives. Par exemple, de nouveaux systèmes de transmission de l'information, des données et du contrôle peuvent réduire les nécessaires canalisations ainsi que les travaux de maçonnerie correspondants. Les systèmes BUS constituent un exemple qui accomplit de multiples tâches en rapport avec la gestion de l'énergie et le contrôle des fonctions résidentielles et tertiaires contemporaines. Au lieu de dispositifs technologiques indépendants et diversifiés, le nouveau système utilise une ligne de signal (BUS), afin d'échanger de l'information et de fournir de l'énergie. Cette ligne de signal est composée d'un câble auquel tous les dispositifs du système sont connectés en parallèle. Les systèmes d'ondes dirigées sont aussi des méthodes de transmission de signal effectif (transmission à haute fréquence par des transporteurs existants appartenant à l'installation électrique), de même que les systèmes sans fil (transmission par ondes radio ou rayons infrarouges) qui permettent une gestion « intelligente » du bâtiment ainsi qu'un arrangement de réseau d'intercommunication parmi plusieurs systèmes sans aucune sorte de câblage[13] .

Références

Blum, A., 2002, *HQE2R Sustainable Renovation of Buildings for Sustainable Neighbourhood*, Conférence SB02, du 23 au 25 septembre 2002

Caterina, G., 1997, *Gestire la qualità del recupero edilizio urbano*, éd. Maggioli, Rimini

Croci, G., 1998, *The conservation and structural restoration of architectural heritage*, Computational Mechanics publications, copyr. Southampton

De Matteis, L., 2003, *Recupero edilizio e qualità del progetto*, Primalpe, Cuneo

De Tommasi, G., 2001, *Qualità prestazionali per il recupero dell'edilizia storica seriale. Un approccio metodologico per un codice di pratica*, Adda editore, Bari

Divers auteurs, 1994, *Abitazione, riuso e qualità della progettazione: studio di un caso. Elementi per l'analisi esigenziale-prestazionale nel riuso conservativo edilizio*, éd. Edipuglia, Bari

Divers auteurs, 2001, *Costruire sostenibile il Mediterraneo*, éd. Alinea, Florence

Divers auteurs, 2002, *Costruire sostenibile l'Europa*, éd. Alinea, Florence

Foster, L., 1997, *Acces to the Historic Environment*, Donhead, Shaftesbury

Germanà, M. L., 1995, *La qualita' del recupero edilizio*, éd. Alinea, Florence.

Harris, S. Y., 2001, *Building pathology: deterioration, diagnostics and intervention,* John Wiley & Sons, Inc. New York

Imperadori, M., 2001, *Costruire sul costruito : tecnologie leggere nel recupero edilizio*, Carocci, Rome

Meckler, M., 1996, *Improving indoor air quality through design, operation and maintenance*, Fairmont London Prentice-Hall Int., Lilburn, GA, États-Unis

Montagna, R. (sous la responsabilité de), 1999, *Normative edilizie e forme del costruito*, éd. CLUA, Ancone, Italie

Rabun, S. J., 2000, Structural Analysis of Historic Buildings: Restoration, Preservation, and Adaptive Reuse Applications for Architects and Engineers, Wiley

Watt, D. S., 1999, Building pathology: principles and practice, Blackwell Publishing

---

1 La conservation intégrée peut être définie comme le résultat de l'action combinée entre les techniques de restauration et la recherche des fonctions appropriées (ICOMOS, Déclaration d'Amsterdam, 1975).

2 Montagna R., *The effectiveness of building dispositions for the safeguard of formal quality for the built environment* (L'efficacité des dispositions de la construction pour la sauvegarde de la qualité formelle de l'environnement construit), publié en italien in Edilizia Popolare nº 250 4-5/97, Rome ; De Tommasi

G., Fatiguso F., Napoli F. ; « Fulfilment of building standards in the refurbishment of historical housing. General issues and conform examples » (Satisfaction des standards de la construction dans la réhabilitation de l'habitat historique. Questions générales et exemples de conformité), *in* Actes de la 10e Conférence scientifique internationale Protection intégrée du patrimoine construit - Tusnad 2001, Tusnad, du 6 au 12 mai 2001, Transylvanian Monument Restorers Society.

3 En Italie, par exemple, une chambre est considérée comme habitable si sept conditions (surface, ratio dimensionnel sur le plan, hauteur, volume, cote intérieure par rapport à la rue, ventilation et éclairage) sont remplies et ont été exprimées exclusivement par des variables numériques absolues.

4 L'étude a été menée dans quelques communes de la province de Bari, dans les Pouilles, où le type de bâti de base est composé de cellules élémentaires, disposées en forme de « maisons-tours », s'élevant sur plusieurs étages avec des accès séparés, et connectées en deux séries opposées pour former deux blocs à « double râteau ».

5 Les laboratoires de quartier d'Otranto, Bari, Rome et Cosenza ont duré de 1981 à 1995. Les expériences pilote des laboratoires des centres historiques étaient également intéressantes ; ils avaient été institués par la région de Sardaigne afin d'activer des outils de gestion et de préservation pour toutes les implantations historiques traditionnelles qui sont répandues sur l'ensemble du territoire.

6 Parmi les différents manuels de réhabilitation, le premier est le *Livre de référence de la restauration* publié en 1977 dans le cadre du laboratoire des Associazione Intercomunale Pescarese ; ensuite vient le *Manuel de réhabilitation de Rome*, publié en 1989 ; le *Manuel de réhabilitation de Città di Castello*, en 1992 ; le *Manuel de rénovation des techniques traditionnelles de construction napolitaine*, en 1994 ; le *Manuel de réhabilitation de Palerme*, en 1994 ; enfin, les manuels faisant référence à Matera, Ortigia, Umbria ainsi que d'autres. Nous mettrons cependant l'accent sur le Catalogue de *typologies et d'éléments architecturaux* de la région d'Ombrie qui constitue, conjointement au *Modèle de réglementation de la construction pour la réhabilitation*, la référence de base pour la réhabilitation urbaine et constructive des zones historiques de la région ombrienne.

7 G. De Tommasi, *Performance qualities for the refurbishment of the historical serial building. A methodological approach for a practice code* (Qualités de performance pour la rénovation du bâtiment historique en série. Approche méthodologique pour un code pratique), publié en italien sous le titre *Qualità prestazionali per il recupero dell'edilizia storica seriale. Un approccio metodologico per un codice di pratica*, Adda Editore, Bari, 2001

8 Les *spécifications de performance* sont les contenus opérationnels du modèle et elles comprennent les concepts de base permettant de répondre aux conditions considérées. Leur structure est composée d'une proposition de description-performance et d'un schéma de procédure : la première exprime le but de qualité de performance, les valeurs limite les plus basses des paramètres numériques comprenant la réponse aux conditions, les critères pour vérifier la qualité de la performance quand il est impossible de respecter les standards mentionnés ; le second, organisé sous forme de diagramme de bloc, permet, avec le contrôle d'un ou de plusieurs paramètres de demande, de vérifier l'obtention possible de la qualité de la performance, au moyen aussi bien de la satisfaction de la prescription mentionnée que des voies alternatives choisies par le concepteur.

9 Une *solution convenable* est une solution qui n'est pas nécessairement copiée sur le modèle proposé, mais qui répond aux caractéristiques de base et donne des valeurs de performance équivalentes, même si c'est avec quelques différences par rapport au modèle.

10 Au-delà des solutions commerciales (systèmes Solatube), il y a une intéressante recherche, plus concrètement ARTHELIO (Système d'éclairage intelligent et à optimisation de l'énergie basé sur la combinaison de la lumière naturelle et de la lumière artificielle de lampes au soufre [JOR3-CT97-0177]. Programme d'énergie non-nucléaire Joule II_RES) qui met l'accent sur un système de captage, de transport et de diffusion de la lumière naturelle combinée à la lumière artificielle. Mingozzi A., Bottiglioni S., *Indoor Lighting with natural light carriers* (Éclairage intérieur avec des transporteurs de lumière naturelle), publié en italien sous le titre *Illuminamento di ambienti interni mediante condotti di luce naturale*, in Lucchini A., *The innovative roofs* (Les toits innovants), publié en italien sous le titre *Le coperture innovative*, éd. Il Sole 24 ore, Milan 2000 ; Bottiglioni S., « Innovative systems for the natural light picking up and carriage: the European Project "Arthelio" » (Systèmes innovants pour le captage et le transport de la lumière naturelle : le projet européen Arthelio), *in* Divers auteurs, *Sustainable Construction of Europe* (La construction durable de l'Europe), éd. Alinea, Florence 2002.

11 Le système de lumière naturelle basé sur la technologie des fibres optiques a été étudié et expérimenté dans le cadre des projets SPECTRUM et Girasoli. SPECTRUM Solar Power Exploitation by Collecting and Trans¬portation by fibre optic to Remote Utilisation Modules - Joule European Project (J0R3 CT97 - 0188 C) est un programme de recherche du CEO (*Centro di Eccellenza Optronica / Centre d'excellence optronique*) à Florence ; Girasoli est un programme italien du CEO. F. Francini *et alii*, « Solar system for the exploitation of the whole collected energy » (Système solaire pour l'exploitation de toute l'énergie collectée), *in Press on Optics and Laser in Engineering*, 39/2, p. 233-246 (2003).

12 La lumière captée par un collecteur et transportée par la fibre peut être répandue dans l'environnement, par exemple, au moyen d'une « fenêtre artificielle » (une surface diffusante de verre translucide située à proximité de la vraie fenêtre comme agrandissement naturel) ou des éléments terminaux au plafond ; les deux systèmes peuvent aussi être employés de manière additionnelle, afin d'optimiser l'éclairage naturel de l'espace.

13 Une réelle application de l'intégration technologique et des principes de l'automation a été réalisée dans le cadre de la réhabilitation du village abandonné de Colletta di Castelbianco (Italie), transformé par l'architecte Giancarlo De Carlo en « ville télématique ».

Notes sur la réhabilitation et la réutilisation du patrimoine architectural traditionnel et historique

Carlo ATZENI
Ingénieur civil de la construction, professeur au Département d'Architecture de l'Université des Études de Cagliari, Italie

La réutilisation en architecture constitue une pratique assez répandue dans l'histoire et elle concerne les objets construits qui, bien qu'ayant perdu la capacité de répondre aux exigences imposées par leur destination d'origine, *admettent* encore (bien qu'en subordination à d'éventuels processus de modification) une adaptation à de nouvelles fonctions.
De manière générale, le concept de réutilisation est associé à une interprétation de l'architecture de longue durée.
De fait, dans la vie des bâtiments, on voit en général apparaître périodiquement des épisodes de modification (simples réparations, agrandissements ou démolitions partielles, changements d'usage, re-fonctionnalisations, etc.) qui reflètent les changements de la société et de ses besoins. Ces modifications contribuent à définir la voie historique des bâtiments, mais on peut les voir aussi comme des « moments critiques » qui permettent de mettre à l'épreuve la vie d'une construction, c'est-à-dire de vérifier sa capacité d'adaptation et, de manière implicite, de durée. Les bâtiments ayant une conception « fermée » qui ne permet pas de répondre à de nouvelles demandes, c'est-à-dire les bâtiments qui demeurent statiques ou inertes face aux changements des conditions de leur usage, ne passeront pas l'épreuve du temps. D'autre part, on ne peut pas ne pas être d'accord avec le fait que « plus un bâtiment sera vieux et plus il y aura de probabilités pour que sa structure originale ne se maintienne pas intacte et que sa fonction première disparaisse en favorisant l'apparition d'autres fonctions »[1], et ceci est valable lorsque que l'on se réfère aussi bien à des bâtiments anonymes ou communs qu'à des bâtiments historico-artistiques. Ces derniers, de valeur historique et artistique indiscutable, se caractérisent par une signification et une reconnaissance liées à une fonction spécifique au sein de la mémoire collective (un bon exemple, mais ce n'est pas le seul, est constitué par les édifices de culte).
De fait : combien d'amphithéâtres romains en Italie, en Espagne, en France n'ont-ils pas été absorbés au cours de l'époque médiévale dans le tissu urbain des villes emmuraillées, et transformés en organismes habitables ! ; d'autre part, Michel-Ange ne transforma-t-il pas les thermes de Dioclétien à Rome en la basilique de Sainte-Marie-des-Anges ! ; enfin, la série infinie d'agrandissements de la mosquée de Cordoue ne fut-elle pas réalisée pour culminer par la reconversion du temple islamique en église catholique, par les soins de l'architecte castillan Hernán Ruiz le vieux, au début du XVI[e] siècle ! Et ces cas ne sont que certains parmi les plus connus de l'histoire de l'architecture.



Serrenti, réhabilitation et réutilisation de la casa Corda comme centre culturel et bibliothèque municipale (projet : Antonello Sanan et Alessio Bellu)

La continuité qui s'établit entre la séquence des changements et l'acte de construction original ou, dit d'une autre manière, la conservation de l'identité propre du bâtiment est possible, selon Moneo, grâce à la permanence « des principes de la discipline établis par l'architecte au moment de la construction de l'œuvre », et permet de faire abstraction des modifications qui affecteront le bâtiment lui-même, dans tous les cas où ces principes seront « suffisamment solides »[2] et valides. Il est intéressant de remarquer que cette considération demeure valide dans le cas où serait substitué au mot *architecte*, qui comporte historiquement une idée d'architecture culte, celui de *constructeur*, en se référant à l'architecture historico-traditionnelle *construite* davantage que *projetée*.
La permanence et la modification, de ce point de vue, sont des concepts complémentaires et qui ne s'opposent pas. La modification suit inévitablement la construction originaire et elle entraîne aussi, dans certains cas, des conséquences traumatiques. Mais l'identité d'une œuvre ayant une personnalité et un certain caractère, à long terme, ne sera pas contrecarrée mais plutôt renforcée.

7

Par conséquent, la pratique de la transformation accompagne le processus évolutif de toute architecture, et elle n'est possible qu'au moyen de la reconnaissance et du respect des caractères qui fondent la construction. En effet, « l'architecture sera ouverte à de nouvelles interventions, qui prolongeront indéfiniment la vie d'un bâtiment si, au préalable, on l'a définie de manière claire »[3]. La modification sera par conséquent l'instrument le plus valide pour assurer sa permanence.

Toutefois, la réutilisation présuppose que se soit produit, au moins une fois dans la vie du bâtiment, un manque de continuité de l'usage[4], une interruption des activités en développement, en attente d'une éventuelle nouvelle destination. Loin de pouvoir la réduire « à un simple changement d'usage »[5], on peut interpréter la réutilisation comme ce *pont* qui rétablit la continuité entre passé et présent du bâtiment préexistant.

Conceptuellement, la modification constitue l'essence de la réutilisation ; de fait, elle « comporte une transformation, une véritable métamorphose de ce qui préexiste. La présence et l'absence de continuité ne constituent pas simplement un couple sinon qu'ils se composent dans une relation indivisible »[6]. Dans la vie d'un bâtiment, sa réutilisation coïncide avec une crise associée à la perte des valeurs qui avaient donné, jusqu'à ce moment, une substance à son sens et à son existence. C'est le propre de la réutilisation d'assigner à ce qui préexiste un nouveau système de valeurs et de significations, différentes des valeurs et des significations antérieures, et c'est du fait de cette nature même que cela n'est pas toujours possible[7] ; de telle manière que l'on doit comprendre la réutilisation comme étant un instrument dynamique au moyen duquel la pluralité d'usages qui se sont succédés et qui, très probablement, continueront à se succéder se stratifie, s'entrecroise et se complète[8], et ne pas considérer cette réutilisation simplement comme une alternance de fonctions.

Le boom de la construction qui s'est produit en Italie à partir de la fin des années 50 du siècle dernier, simultanément à la nécessité de la reconstruction qui a suivi la guerre, à la croissance démographique, au développement industriel des villes et aux phénomènes d'émigration rurale qui l'ont suivi, a décrété la dévalorisation du patrimoine construit préexistant. L'idée qui avait gouverné –jusqu'à cette époque et depuis une trentaine d'années– les logiques continues d'entretien, de réparation et de réutilisation de l'architecture pré-moderne, a été supplantée par la convenance économique des nouvelles constructions, liées pour l'essentiel à la technologie industrialisée et à la production en série de matériaux et d'éléments de construction. En outre, construire un bâtiment nouveau pendant cette période était, sans le moindre doute, plus opportun que conserver et réutiliser l'ancien, et ceci, en plus, du fait de la disparition rapide des métiers qui conservaient le savoir technologico-constructif de la pratique traditionnelle.

Le passage du deuxième au troisième millénaire a vu la modification de nombre des conditions qui ont influencé le plus directement la relation entre espace et société : ce sont en effet des années au cours desquelles la croissance démographique a marqué une inversion de tendance et s'est stabilisée à un niveau de natalité zéro. Le parc immobilier relativement récent construit au cours de ces quarante dernières années a subi un vieillissement soudain, inattendu et sûrement plus important que celui qu'a vécu la construction historico-traditionnelle. De nos jours, les centres habités de moyenne et grande importance se heurtent à une carence malheureusement chronique de zones constructibles. En conséquence, le déplacement des habitants vers le centre –qui a causé une redistribution de la population depuis les centres historiques vers les nouvelles périphéries– semble irrémédiablement bloqué ou, peut-être, destiné à s'inverser. En synthèse, la phase d'expansion incontrôlée que les villes ont vécue au cours de la deuxième moitié du XXe siècle semble aujourd'hui se diriger vers une inflexion radicale : la ville, dans une société riche qui tend à vieillir, recherche en elle-même de nouveaux –ou anciens ?– lieux dans lesquels elle pourrait survivre, et la question qualitative en rapport avec l'installation prévaut de manière décisive sur la question quantitative.

Tout cela, joint à la nécessité évidente des communautés de *découvrir* et de *s'approprier* à nouveau leurs propres racines culturelles, renouvelle l'intérêt envers le tissu construit historique.

Dans cette optique, le binôme récupération-réutilisation est à nouveau un instrument opérationnel d'un modèle culturel qui peut être défini, en paraphrasant Magnano Lampugnani, comme modèle d'entretien et de continuité, s'opposant à un modèle plus éphémère et de brève durée comme peut l'être la substitution[9].

Toutefois, le projet de réhabilitation constitue l'acte de prévision qui envisage, en lisant et en interprétant les caractères forts de ce qui préexiste, de projeter ses potentialités dans l'avenir le plus proche au moyen de la réutilisation.



Gonnosnò, réhabilitation et réutilisation d'une maison traditionnelle en tant que musée (projet : Maurizio Manias et Franceschino Serra)

Les motivations de la réhabilitation du bâti sont, en premier lieu, des raisons de nature économique, qui peuvent être synthétisées de la manière suivante : « [...] ne pouvant pas construire des bâtiments nouveaux, on travaille avec les structures préexistantes »[10]. Cependant, en suivant la définition d'Aloïs Riegl du monument non intentionnel, « [...] on ne peut pas oublier que l'histoire, depuis au moins cinquante ans, met en valeur en tant que sources les témoignages matériels, tout particulièrement s'ils sont étendus et diffusés. » En conséquence, « supprimer un bâtiment ou une partie de bâtiment équivaut à gommer une page du vécu de la société transmise au moyen de la matière même »[11]. Et ceci est encore plus vrai dans le cas de l'architecture populaire : en effet, celle-ci ne dispose pas en général de documents de projets et elle ne peut conter son histoire, selon la double perspective de la continuité et de la mutation, qu'au moyen des œuvres réalisées. De fait, « [...] il faut voir les espaces et leurs différentes transformations comme un livre précieux et insubstituable qui raconte, au moyen de la matière même et de la configuration des hommes qui y ont vécu, la mutation des usages et des équilibres sociaux, encore mieux qu'un dessin, et qui justifie le choix de continuer à vivre dans ces espaces ainsi que la décision de les conserver »[12].

La période historique dans laquelle nous vivons traverse une époque de réflexion quant aux choix réalisés ainsi qu'aux éventuelles voies nouvelles, et elle se caractérise par un épuisement croissant des ressources. Cela exige de placer le thème de l'économie, dans son sens le plus vaste, au centre du débat et de la recherche, en tenant en compte que « [...] produire pour consommer puis jeter veut dire gaspiller. Or, le gaspillage est précisément ce que l'on ne peut pas se permettre dans un monde affecté par des montagnes de résidus et angoissé par la limitation de ses ressources »[13].



Albagiara, maison historico-traditionnelle insérée dans un programme de revitalisation urbaine avant sa réhabilitation

Ce sont les seules raisons substantielles qui nous poussent à prendre conscience de manière définitive du fait que le patrimoine construit préexistant constitue un bien d'une grande valeur culturelle. Mais il représente aussi, sans le moindre doute, une ressource économique, une importante valeur ajoutée, qui est actuellement destinée à se détériorer mais qui devra être remise en valeur dès que possible.

D'autre part, les termes de la question en rapport avec l'urgence de la réutilisation du bâti peuvent être inversés, comme le défend Corboz de manière provocante, et alors « [...] c'est le besoin de détruire qui devrait se manifester, au lieu de celui de conserver [...][14] ».

Le projet de réhabilitation, qui peut faire partie du filon plus vaste du projet du bâti, devra prendre en compte un système pluriel de liens, car il est destiné à un organisme construit qui existe pour être réutilisé. D'une part, le bâtiment constitue pour le projet un *lieu* physico-matériel, au moyen de son articulation proprement architecturale et constructive, ainsi qu'un *lieu* virtuel, grâce à sa dimension historique et évocatrice. D'autre part, le nouvel usage entraîne des exigences qui sont liées à la reconversion du bâtiment.

Ainsi, un bon projet de réhabilitation devra être capable de choisir de nouvelles fonctions pour de vieux bâtiments, qui soient en même temps opportunes et compatibles avec son essence originale. De ce point de vue, l'équation qui découle de la réutilisation du simple assemblage de l'ancien bâtiment avec la nouvelle fonction n'a pas de sens et peut exprimer quelque chose d'impossible. « Face à la destruction continuelle des ressources et des mémoires qui gomment nos villes jour après jour, le premier paramètre d'évaluation d'un projet doit être sa capacité à respecter et à utiliser, sans les enlever, les ressources existantes »[15].

La modification qui suit l'activité de réutilisation de ce qui préexiste, et encore plus du projet dans des zones consolidées, même s'il n'est pas nécessairement de réutilisation au sens strict, propose à nouveau la dualité entre ancien et nouveau, et ce surtout du fait du progrès technologique qui, de nos jours, modifie de manière radicale les langages de l'architecture.

Dans ces cas-là, l'acte critique du projet doit nécessairement posséder des contenus didactiques : le nouveau devra affirmer sa propre identité de projet sans porter préjudice à ce qui préexiste. Le rôle du projet consiste à mettre en place une connexion possible entre l'ancien et le nouveau ; la relation ne doit pas être un antagonisme, en effet « [...] le projet se construit de parties différentes, celles qui sont par nécessité nouvelles et celles qui préexistent. Les joindre ne constituera pas un dessin unitaire, ce sera plutôt une tentative pour atteindre une qualité analogue à ce qui existe[16] ». Quelque chose qui est déjà présent guidera les parcours de la modification au moment de définir les buts, pour ensuite tirer de cela l'essence vitale. En d'autres termes, le concepteur du projet doit comprendre la complexité du bâtiment

ancien, tâche ardue s'il en est, et définir les choix de modifications en suivant sa leçon.

Ignasi de Solà-Morales, dans son intéressant essai *Del contraste a la analogía* (Du contraste à l'analogie), clarifie davantage encore la connexion qui doit exister entre l'ancien et le nouveau dans le projet de récupération, en indiquant qu'« [...] une nouvelle architecture se rapproche physiquement et se met en rapport visuellement et spatialement avec ce qui préexiste. Toutefois, elle établit en outre une véritable interprétation du matériau historique. Ce matériau, au moyen duquel l'architecture se mesure, redevient l'objet d'une véritable lecture qui accompagne de manière explicite ou implicite la nouvelle intervention dans sa signification globale[17] ».

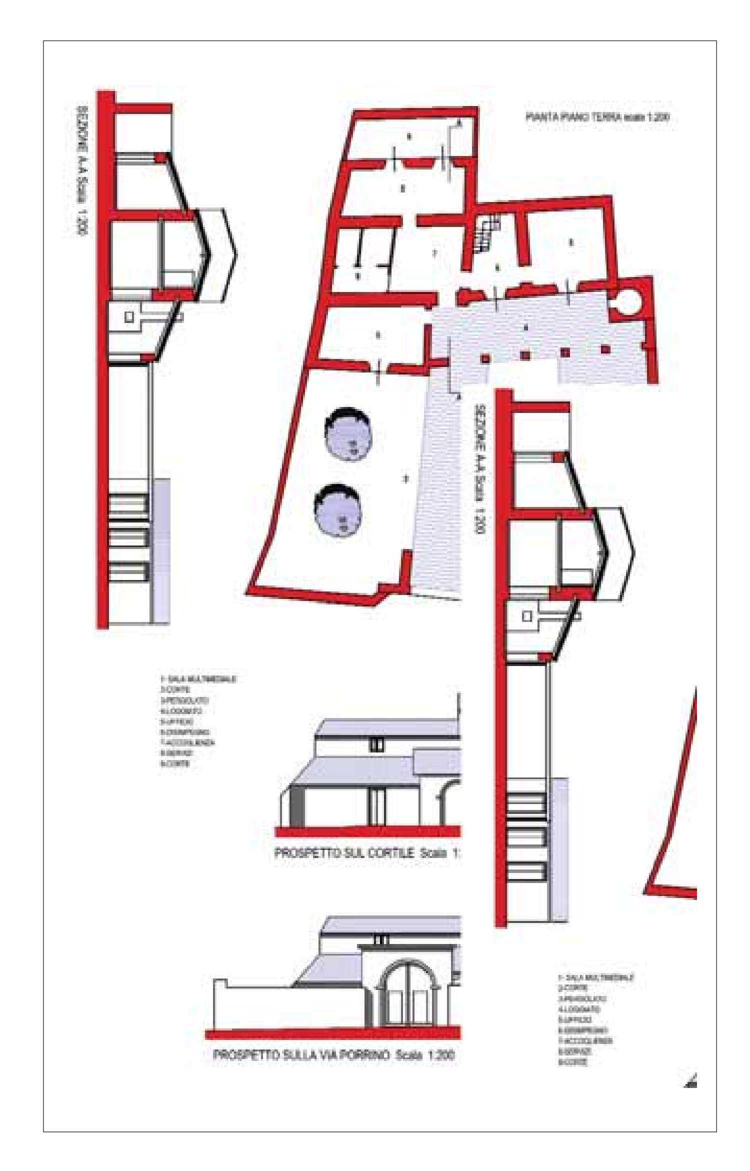
Analogie et contraste ou « similitude et différence »[18], pour utiliser des binômes connus, finissent par constituer les données du projet de récupération dans lequel la tradition et l'innovation se confrontent et se stratifient. L'approche cognitive –le projet du diagnostique–, auquel nous avons fait référence plusieurs fois au préalable, constitue un instrument préliminaire indispensable pour cette comparaison. Ainsi, il réduit mais ne parvient pas à éliminer la composante aléatoire[19], pas davantage qu'il ne lui sera possible de codifier de manière *déterministe* les actions qu'entreprendra la phase du projet. Étant donné que chaque cas revendique sa propre dignité individuelle et que la même pluralité de cas génère la complexité des systèmes urbains, cette complexité ne peut être reconduite ni dans des généralisations ni dans des simplifications méthodologiques qui découlent exclusivement de la typologie. Toutefois, il faut signaler que la taxonomie typologique, si elle est utilisée correctement –et cela dépend du choix des paramètres d'évaluation–, peut être un instrument important pour soutenir le projet dans sa définition des critères d'interprétation et de compréhension de sa propre complexité.

Nous sommes conscients de la difficulté actuelle de se référer à une théorie de la réhabilitation ou à une théorie de l'opposition plus générale entre ancien et nouveau qui soit acceptée de manière univoque. Cependant, on doit assumer le fait que la culture contemporaine du projet se consacre à l'ancien, depuis déjà assez longtemps, au moyen d'une approche depuis la conservation et la modification en même temps, en permettant que des principes propres de la discipline de la restauration cohabitent avec la nécessaire autonomie souhaitée par le projet d'architecture[20]. Sans renoncer au charme de l'ambigüité du contraste entre l'ancien et le nouveau, se substitue « à l'habituel trio de la restauration-réutilisation-conservation, l'approche plus actuelle et plus judicieuse de la restauration-réutilisation-transformation[21] ».

Certes, on manque d'instruments méthodologiques homogènes mais, même ainsi, certains critères opérationnels semblent être partagés.

En premier lieu, on distingue le « principe de l'intervention minimum »[22], qui représente le lien principal au moyen duquel on peut autoréguler le projet de réhabilitation et de réutilisation de ce qui préexiste, dans une perspective qui s'inspire des positions culturelles de la conservation du document historique. Selon ce principe, la préexistence ne doit être modifiée que dans le cas où elle empêche sa re-fonctionnalisation, et cela signifie, du point de vue technico-matériel, faire face aux problèmes de dégradation en choisissant, comme première option, une approche qui envisage la conservation davantage que la substitution gratuite.

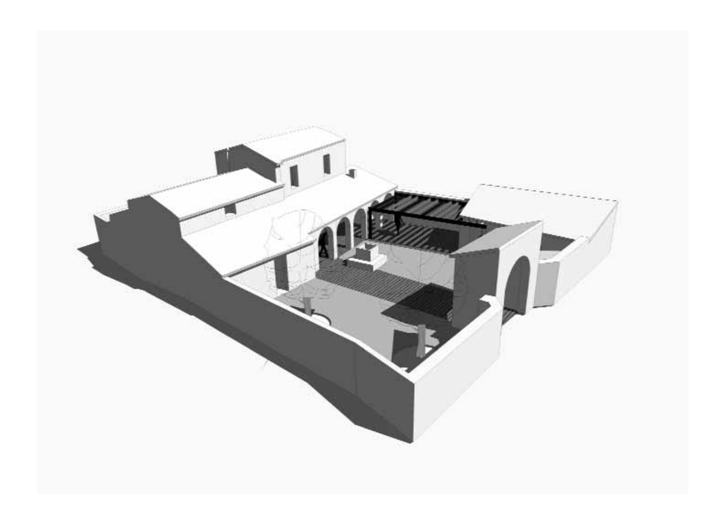
En outre, le « principe de la réversibilité des interventions »[23] se porte à la défense du caractère unique de chaque bâtiment, dans sa propre dimension historico-matérielle.



Albagiara, plan, sections et élévations du projet de réhabilitation et de réutilisation d'une maison historico-traditionnelle en tant que Centre de documentation de la culture rurale du territoire de la Marmilla (projet : Carlo Atzeni, Maurizio Manias et Silvia Mocci)

Selon ce principe, le projet de réhabilitation-réutilisation ne devrait pas être interprété comme un geste définitif : on devrait plutôt assumer une perspective laissant la voie ouverte à une réflexion sur les choix, et permettant le déplacement de ce qui a été ajouté sans que le bâtiment original ne soit dénaturé ni irrémédiablement endommagé. Dans cette perspective, les questions en rapport avec la compatibilité acquièrent un rôle décisif. En effet, celle-ci doit être conçue, au moins, en fonction de deux échelles distinctes. La première, comme nous l'avons déjà dit, concerne la question qui est en rapport avec les liens que le bâtiment ancien impose au choix de la nouvelle fonction ou, en inversant les termes de la question, le degré de modification que le changement réalisé impose au bâtiment préexistant ; ce qui signifie, en dernière analyse, de considérer le niveau d'analogie que présentent les exigences de la fonction qui précède et de celle qui suit. La deuxième de ces échelles, plus directement en rapport avec la pratique de l'exécution, mais pas moins importante, fait référence aux aspects constructivo-matériels relatifs à la possibilité d'utiliser des matériaux ainsi que des techniques actuels pour la construction historique. L'exigence de la réversibilité et la difficulté de faire en sorte que les techniques et les matériaux d'époques différentes coexistent sans traumatisme vont de pair et suggèrent de « ne systématiser dans un bâtiment que des éléments légers et amovibles, dont les ancrages soient indépendants de la structure dans laquelle ils s'insèrent [...]. Il n'est pas opportun de cacher les moyens de la réadaptation ; ceux-ci introduiront une tension vivifiante, très largement préférable à la ruse habituelle, qui consiste à faire croire que l'activité n'est pas contemporaine[24] ». De cette manière, on préservera la possibilité de reconnaissance de l'intervention très chère aux restaurateurs, même si c'est avec des budgets et des finalités différentes, qui finit par être l'une des conditions fondamentales pour le succès du projet dialectique auquel on a fait référence jusqu'à présent[25].

L'équilibre qui s'établit entre conservation et modification représente le fil conducteur du projet de réhabilitation. Celui-ci a pour mandat la mise en place de la mesure dans laquelle l'une et l'autre devront prévaloir à tout moment. Cela permet à la réhabilitation de se libérer des préjugés disciplinaires historiques qui ne lui reconnaissent pas de contenus en termes de propositions, ainsi que d'assumer aussi la technologie comme étant l'un de ses principaux instruments conceptuels et opérationnels.



Albagiara, vue du projet de réhabilitation et de réutilisation d'une maison historico-traditionnelle en tant que Centre de documentation de la culture rurale du territoire de la Marmilla (projet : Carlo Atzeni, Maurizio Manias et Silvia Mocci)

---

[1] André Corboz, « Vecchi edifici per nuove funzioni », *Lotus International*, nº 13, p. 76.

[2] Rafael Moneo, « La vita degli edifici e la moschea di Cordoba », *La solitudine degli edifici e altri scritti - Questioni intorno all'architettura*. Allemandi. Turin-Londres, 1999, p. 132.

[3] Rafael Moneo, *Op. cit.*, p. 155.

[4] « [...] la réutilisation [...] implique par elle-même l'existence d'une rupture de la continuité –la fracture de l'usage–. De fait, lorsque l'on envisage une intervention de réutilisation, c'est la continuité d'usage qui est perdue, qui se révèle irrémédiablement interrompue. Si cette continuité devait perdurer, il n'y aurait plus rien à réutiliser, par le fait que la réutilisation, dans la continuité, équivaudrait à l'usage tout court [...] », Marco Biraghi, « La via del riuso », *Casabella*, nº 672, p. 15.

[5] Marco Biraghi, *Op. cit.*, p. 15.

[6] Marco Biraghi, *Op. cit.*, p. 15.

[7] « La relation entre une intervention de nouvelle architecture et l'architecture préexistante est un phénomène qui change en fonction des valeurs culturelles attribuées soit à la signification de l'architecture historique soit aux intentions de la nouvelle intervention », Ignasi de Solà-Morales, « Dal contrasto all'analogia. Trasformazioni nella concezione dell'intervento architettonico », *Lotus International*, nº 46, p. 37.

[8] Alberto Ferlenga, en référence à ce thème, affirme : « Dans les bâtiments du passé soumis à de constantes variations d'usage, ancien et moderne se complètent. Des constructions originales presque intactes, préservées par économie ou par respect, apparaissent insérées dans des bâtiments plus récents, exposées ou occultées sous leurs ornements ; ou peut-être que n'apparaissent seulement que des fragments de formes architecturales modelées par la superposition des fonctions et impliquées dans de nouveaux usages. Lorsque le système de relations qui est à l'origine de la forme architecturale est rompu, celle-ci, attestant de la nature autonome et imprévisible de sa vie, pourra conserver des fragments de son sens original ou plutôt en générer de nouveaux. » Alberto Ferlenga, « Separazioni », *Casabella*, nº 717-718.

[9] « Exiger la dimension de la durée depuis le projet signifie poser un ensemble de conditions à ses budgets, à ses méthodes et à ses résultats. Cela signifie surtout choisir entre deux modèles de production antithétiques : le modèle du rechange et le modèle de l'entretien [...]. Il est clair que postuler un projet durable signifie choisir le second [...] ». Vittorio Magnago Lampugnani, « Ricambio o manutenzione? », *in Lotus International*, nº 46.

[10] André Corboz, *Op. cit.*, p. 68.

[11] Alberto Grimoldi, « Architettura come riparazione, Note sul restauro in architettura », *Lotus International*, nº 46, p. 118.

7

[12] Alberto Grimoldi, *Op. cit.*, p. 118.

[13] Vittorio Magnano Lampugnani, *Op. cit.*

[14] André Corboz, *Op. cit.*, p. 72.

[15] Alberto Grimoldi, *Op. cit.*, p. 118.

[16] Alberto Grimoldi, *Op. cit.*, p.120.

[17] Ignasi de Solà-Morales, *Op. cit.*, p. 37.

[18] Ignasi de Solà-Morales, *Op. cit.*, p. 44. Remarquer que *Somiglianza e differenza. La trasformazione dei mulini di Murcia di Juan Navarro Baldeweg* est le titre d'un essai de Luca Ortelli publié dans *Lotus International*, nº 59.

[19] Selon l'opinion d'Ignasi de Solà-Morales, de fait, « la connaissance instrumentale de l'objet ne permet pas d'éluder le risque du projet […] », *Op. cit.*, p. 42.

[20] Selon Grimaldi, ce qui préexiste demeure le matériau qui soutient le projet. Il affirme, en effet, que : « […] vérifier la nécessité d'une substitution, à partir de la consistance des matériaux de construction, de leur capacité à résister aux agents atmosphériques ou à supporter une charge, signifie pour l'architecte la possibilité d'avoir une incidence sur les relations sociales, de ne pas se limiter à être un dessinateur d'idéologies. Cette matière, qui vérifie la consistance et la dimension des ressources, finit par se convertir en cadre de référence, en contexte fixe dans lequel le projet trouve un espace », in *Op. cit.*, p. 118.

[21] Marco Casamonti, « Trasformazioni », numéro spécial d'*Área*, nº 45, *Restauro, riuso, trasformazioni* (monographie sur la restauration, la réutilisation et les transformations).

[22] André Corboz, *Op. cit.*, p. 72.

[23] André Corboz, *Op. cit.*, p. 72.

[24] André Corboz, *Op. cit.*, p. 76.

[25] En ce qui concerne ce thème, les considérations qu'exprime l'architecte allemand Karljosef Schattner lorsqu'il fait référence à son travail dans une interview qu'il donne à Giovanni Leoni semblent réellement intéressantes ; elles ont d'ailleurs été publiées dans la revue *Área* nº 45. « Je procède par strates successives, il s'agit d'une intervention de nature interprétative. J'essaie d'insérer mon architecture en assumant les dimensions et les règles dictées par l'original et en créant la sensation d'une intervention réversible. Mais les changements modifient tout le bâtiment. Il n'y a pas de recette, il n'y a pas de science. En faisant abstraction des langages utilisés, ce qui est important, c'est que le bâtiment redevienne une unité et non pas une somme de parties [...] Toutefois, comme je ne procède pas en imitant formellement, il s'agit par nécessité d'une unité dialectique, fruit de la présence conjointe de langages différents. En ce qui me concerne, je n'utilise pas un langage figuratif mais plutôt abstrait : la récupération d'une essence de la tradition en suivant un plan d'abstraction ».

Réhabiliter et bâtir avec des matériaux traditionnels (Expérience égyptienne)

Bernard MAURY
Architecte doctorat
Institut français d'archéologie orientale du Caire, Égypte

Principalement au Caire, mais également en Syrie ou au Yémen, la Mission française pour la Sauvegarde du Patrimoine architectural, a très souvent été amenée à entreprendre d'importants travaux de réhabilitation ou de restauration étant donné le très mauvais état de conservation de certains bâtiments : sols affaissés, murs éventrés, plafonds étayés ou à ciel ouvert… rendaient impossible une réutilisation des lieux. A cela, il fallait également ajouter, pour certains bâtiments, des modifications plus ou moins importantes survenues au cours des siècles passés.

Face à l'état de ce patrimoine, les questions surgissent: que faire ? que faut-il garder ? quel élément peut être supprimé ? quels types de travaux à engager ?

La première intervention, dans la réhabilitation d'un monument, est d'ordre archéologique : restituer au mieux l'état d'origine du monument, sous tous ses aspects : aussi bien architectural, structurel, que décoratif… La seconde intervention sera de déterminer le genre et le type de travaux qu'il faut entreprendre pour réhabiliter le monument en question.



Façade nord de la cour restaurée, avec pierres anciennes, dans la maison Harawi, Le Caire, Égypte.

I. Notre politique de sauvegarde :

1. Respect des lieux

Les travaux de restauration ont toujours été menés avec le souci constant de respecter les lieux et d'en retrouver l'état originel.

Considérons que l'étude « archéologique » est terminée. Il faut à présent décider de la nature des travaux et surtout des différents types de matériaux à employer. A noter que la liste de ceux utilisés lors de la construction du bâtiment a déjà été établie conjointement à l'étude archéologique. Reste maintenant à la mettre en pratique.

Avec la panoplie des différents matériaux modernes mis actuellement sur le marché, le problème de la restauration peut paraître simplifié, et la tentation est forte d'employer sans discernement ces matériaux dans la restauration des bâtiments anciens.

Il faut faire très attention, car nous avons pu juger du bouleversement qu'a apporté l'apparition du ciment, il y a un siècle et demi, et par voie de conséquence celle du béton, constater l'engouement qui s'en est suivi et apprécier les prouesses techniques qu'il a engendré.

Mais nous avons pu juger également des catastrophes que cela avait engendré en tous lieux au niveau du bâti plus ancien : fissures suite à une réparation de murs en pierre avec des parpaings, salinisation et éclatement des pierres suite à un rejointoiements au mortier de ciment, gonflement des enduits suite à un enduit au ciment sur un mur en brique, etc. Bien des personnes, par méconnaissance, ont fait un amalgame trop rapide et pensaient que le ciment était la solution miracle aux problèmes de constructions.

2. Recherche des techniques et materiaux anciens

Pour être entièrement satisfaisante, une bonne restauration suppose qu'on puisse retrouver les techniques anciennes et surtout les matériaux utilisés lors de la construction d'origine, ceci dans le but d'assurer une homogénéité dans la nature des matériaux.

A chaque étape de nos travaux, des questions fondamentales concernant la restauration se sont posées, qui relèvent principalement de trois domaines : l'utilisation de matériaux de qualité, la compétence des ouvriers et le financement… Mais dans bien des cas, nous avons dû malheureusement constater que c'est le troisième point, l'aspect financier qui conditionne toujours les deux premiers.

II. Les materiaux

1. La pierre

Une étude technique sur plusieurs échantillons prélevés dans les bâtiments concernés, montrait que la pierre d'origine, utilisée au Caire au XVIIème et XVIIIème siècle pour l'édification des bâtiments, était une pierre d'excellente qualité. D'aspect légèrement rosé, cette pierre calcaire appelée *gebel ahmar* (pierre rouge) avait un excellent coefficient de compression ainsi qu'une bonne résistance à l'humidité. Mais les carrières avaient été abandonnées depuis longtemps, vraisemblablement par épuisement des filons.

Or en Egypte, dans les années 80, la seule pierre utilisée dans les restaurations était une pierre blanche de mauvaise qualité en provenance des carrières de Hélouan, proches du Caire. Sur le plan esthétique et sur le plan technique, cette pierre était irrecevable.

7

Nous avons insisté auprès des responsables pour obtenir une pierre identique –ou sinon proche– de celle qui avait présidée à la construction du Caire à l'époque ottomane. En vain... Et l'ouverture de nouvelles carrières était prohibitif au regard de nos propres besoins.

Mais l'idée était lancée, et notre obstination à vouloir utiliser la pierre dite *gebel ahmar* dans les restaurations a porté ses fruits ultérieurement, car, dix ans après, lorsque la Mission française engagea une nouvelle restauration au Caire, la demande en *gebel ahmar* était devenue telle que des carrières s'étaient ouvertes et la vendait.

La solution qui a donc été retenue, lors de notre première restauration, a été de racheter des pierres provenant de bâtiments non classés du XIXème siècle en démolition. Cette solution était évidemment meilleur marché…

Retaillées aux dimensions de nos blocs, ces pierres avaient la même couleur que la nôtre et surtout les mêmes caractéristiques mécaniques, ce qui permettait de l'inclure dans les murs anciens sans créer des tensions ou des cisaillements différentiels en cas de surcharge.

2. La brique

Pour la brique, le problème a été légèrement différent, dans la mesure où les briques anciennes, composées d'un mélange d'argile et de cendre mal cuit, étaient chargées en sels minéraux suite aux remontées d'humidité. Ce matériau devenait difficilement récupérable d'autant plus que la texture de la brique était devenue friable. Il a donc fallu rechercher un matériau de rechange.

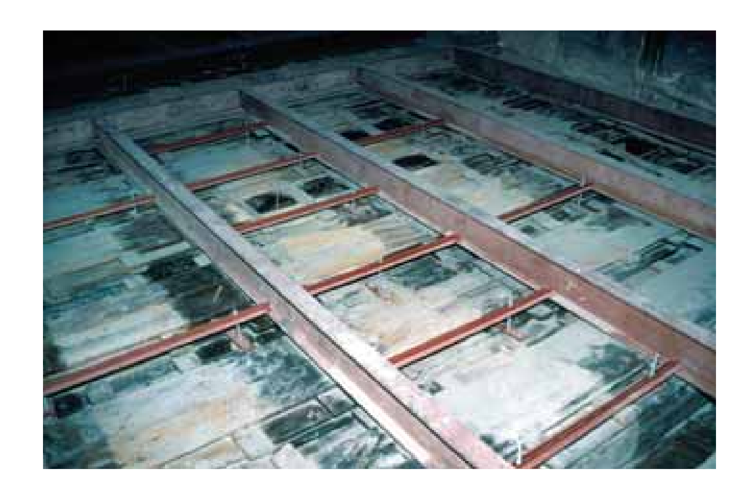
Nous avons alors étudié la possibilité d'utiliser une production locale de briques cuites, sensiblement de mêmes dimensions que les nôtres et présentant des caractéristiques techniques semblables. Un essai fut réalisé. Il a été jugé concluant car ce type de brique permettait de réaliser toutes les reprises ou tous les remaillages dans les murs anciens sans créer, comme pour le mur en pierre, des tensions ou des cisaillements différentiels.

Il a été généralisé sur l'ensemble de notre chantier.

3. Le bois

Le problème du bois a été traité également avec soin : une étude générale a révélé que la majorité des boiseries du bâtiment avaient été réalisées en *pin d'Amérique*, appelé en Egypte *azzizi*. Très longtemps importé de Turquie, ce type de bois, dans les années 80, provenait d'Europe du Nord. Mais la qualité, certes approchante, n'était pas satisfaisante.

Comme pour la pierre, ce sont des poutres de récupération en provenance d'immeubles du XIXème siècle en démolition, que nous avons utilisées. Ces poutres une fois retravaillées, ont donné un excellent bois, très sain et ayant plus d'un siècle de séchage…



Emploi de matériaux nouveaux (poutres métalliques) pour le renfort des structures anciennes, Le Caire, Égypte.



Travaux de menuiserie : restauration du grand moucharabieh de la maison Sennari, Le Caire, Égypte.

ainsi la restauration des boiseries a pu se faire sans problème, les bois anciens et nouveaux travaillant en parfaite harmonie.

4. Les mortiers et enduits

L'examen des mortiers a montré qu'ils étaient tous composés à base de chaux. De même pour les enduits où l'on a constaté dans certains cas, un mélange de chaux et plâtre allant jusqu'à 80% de plâtre.

Mais le problème essentiel concernant la fabrication des mortiers et des enduits, a été de combattre l'usage du ciment.

On connaît tous les inconvénients à utiliser un mortier de ce type dans l'édification d'un mur de pierre. Malheureusement cette pratique était encore extrêmement répandue dans les années 80, en Egypte comme dans les autres pays environnants, et il était difficile de faire comprendre aux ouvriers artisans de l'époque le danger d'utiliser un tel mortier.

Conséquence, devant le peu de demande, la chaux était quasi inexistante sur le marché égyptien.

Des recherches dans la capitale permirent de trouver de la chaux vive qu'il fallait aller chercher en vrac directement au four.

Nous avons opté pour cette solution. Mais si le travail pour éteindre la chaux est long et pénible, en revanche, la qualité de la chaux est excellente, et les résultats obtenus, aussi bien dans le remontage de certaines structures de murs en pierre, que dans les enduits de façade, ont été remarquables.



Reprise d'un angle de porte en brique, dans la maison Sennari, Le Caire, Égypte.

Lors de notre seconde restauration au Caire, en 1995, la chaux avait retrouvé ses lettres de noblesses, car, sans pouvoir disposer de plusieurs variétés, un type de chaux était commercialisé et ensaché sous forme de poudre.

5. Materiaux nouveaux : acier, inox, beton, goudron…

L'état des bâtiments, et surtout la réutilisation qu'on veut faire de ces monuments, peuvent imposer l'utilisation de matériaux complémentaires. Mais sous conditions !...

Prenons comme exemple un plancher affaissé dans une grande demeure. Il est composé de solives en bois supportant un lourd dallage calcaire. Or la sous face de ce plancher est décorée et doit être impérativement conservée. Par contre, les poutres en bois de la structure sont trop faibles pour pouvoir supporter des charges importantes : il en résulte alors une grande difficulté pour réutiliser les lieux.

Il faut donc envisager de renforcer le plancher sans toucher à sa sous face. Dans ce cas, l'utilisation de matériaux complémentaires peut être une solution, car, sous un volume plus petit, ils ont une résistance plus grande.

Après une étude minutieuse de ce cas d'espèce, la solution retenue a été de glisser une structure métallique dans l'épaisseur du plancher pour soulager l'ancienne structure en bois. Cette opération a été rendue possible grâce à une grande épaisseur de remplissage entre les solives et le dallage.

Dans un autre cas, peut-être la solution d'un renfort en béton aurait été préférable ?

III. Important

Il n'y a jamais de solution type en restauration, chaque cas devant être considéré et étudié individuellement.

Par ailleurs, l'utilisation de matériaux nouveaux n'intervient que dans le but de renforcer un élément ou une structure. Il n'agit que « par derrière » et ne doit pas être perceptible lorsque le travail est achevé. Dans ce cas, il est essentiel surtout de dissocier les deux structures, l'ancienne et la nouvelle, afin qu'elles travaillent séparément (problème de flexion, de dilatation…), l'important étant qu'en fin d'opération, la solution adoptée soit totalement invisible.

Le point de vue de la valeur patrimoniale

Irene HADJISAVVA-ADAM
Architecte
Département de la Planification urbaine et du Logement, Chypre

Les bâtiments constituent un *background* nécessaire aux activités humaines. Ils ont été conçus afin de couvrir les besoins des gens, aussi bien du point de vue utilitaire qu'esthétique et symbolique. La typologie ainsi que la morphologie d'un bâtiment reflètent la sagesse, la mentalité, les moyens ainsi que le mode de vie de générations entières mais aussi l'évolution historique de l'implantation, ses possibilités socio-économiques, ses interconnections et ses relations avec les autres lieux, etc. En conséquence, la valeur de patrimoine d'un bâtiment historique n'est pas limitée aux simples caractéristiques physiques ou même urbanistiques mais aussi aux valeurs plus profondes, aux identités et aux témoignages.

Toutefois, indépendamment des repères ou des autres monuments de l'extraordinaire inspiration humaine tels que les palais, les cathédrales ou les autres bâtiments religieux, les châteaux, les forts, ou les autres bâtiments publics, il y a aussi l'architecture anonyme qui constitue une partie significative du paysage urbain d'une implantation, et qui est son identité ou son « sens » ou encore son « esprit du lieu ».

La préservation de l'architecture traditionnelle n'est pas aussi évidente en elle-même qu'elle peut l'être pour un monument important. Sa valeur patrimoniale n'est pas jugée par la communauté comme étant de portée nationale. En conséquence, un bâtiment de cette qualité ne peut pas être restauré *per se* et il doit continuer à faire partie de la vie active de l'implantation. Cependant, son existence physique et son amélioration matérielle sont importantes pour différentes raisons. Celles-ci peuvent être théoriques, symboliques et abstraites telles que le témoignage historique qu'il offre mais aussi pragmatiques : un décor architectural bien préservé est un avantage comparatif dans un monde compétitif globalisé. De même, un bâtiment avec des valeurs patrimoniales historiques, architecturales ou autres a des atouts supplémentaires en termes de qualité de l'espace et de valeur ajoutée pour son usage contemporain à des fins aussi bien résidentielles que commerciales.

Contrairement à ce qui se passe dans la restauration des monuments, les bâtiments d'architecture traditionnelle doivent avoir un usage continu, durable et respectueux de l'environnement. Ce n'est que lorsqu'ils sont utilisés qu'ils peuvent être maintenus « en vie ». Mais tous les usages ne sont pas nécessairement appropriés pour les bâtiments historiques. D'une part, les nécessités modernes exigent l'ajout de nouvelles installations technologiques, sanitaires et autres, et d'équipements, de même que le réarrangement de l'intérieur ou



Nicosie, (Chypre).

l'addition d'espace ; d'autre part, les matériaux et les techniques modernes rendent le processus de restauration plus facile et moins cher. Mais ces altérations, nécessaires pour la continuation de l'usage ou pour un nouvel usage, une fois que l'usage original a cessé d'exister ou ne peut plus correspondre aux demandes modernes, minent souvent la valeur patrimoniale du bâtiment. Cette menace nous mène face à un dilemme : préserver le patrimoine culturel incarné dans la structure du bâtiment historique à tout prix, ou permettre la prédominance du nouvel usage ? Y a-t-il un équilibre entre le patrimoine et la valeur économique et utilitaire ? Et où exactement cette ligne finit-elle ? Il n'y a pas de recette ni de solution standard. Chaque bâtiment a une valeur patrimoniale différente et des problèmes et des possibilités différents. En conséquence, chaque bâtiment doit être jugé pour lui-même. Le même critère peut s'appliquer au décor du bâtiment. Les valeurs patrimoniales diffèrent d'un pays à un autre, et même d'une rue à une autre dans le même quartier. De la même manière, comme le jugement est un processus subjectif, le critère d'évaluation pour la valeur patrimoniale diffère d'un individu à un autre individu. Le professionnel, sensible aux thèmes

de l'architecture ou de l'histoire et de la géographie humaines, voit une information et une valeur infinies là où l'homme ordinaire ne voit que des pierres et du mortier. De la même manière, les institutions publiques (c'est-à-dire les organismes du patrimoine) attribuent de grandes valeurs patrimoniales à ce que le propriétaire considère parfois comme une simple valeur « de vacances ». Dans d'autres cas, une autorité locale peut souhaiter nier l'existence de la valeur patrimoniale d'un bâtiment afin de laisser passer de nouvelles routes à grande circulation ou s'installer un parc.

Même si le jugement de la valeur patrimoniale de l'architecture traditionnelle est subjectif et varie en fonction de l'éducation, de la sensibilité financière ou d'autres intérêts, la responsabilité de sa préservation est un objectif et une condition *sine qua non* de toutes les sociétés. Cette responsabilité est matérialisée dans la législation de chaque pays et elle reflète non seulement les sensibilités de la société à titre individuel mais aussi ses obligations conformément aux conventions internationales que le pays a signées.

En ce qui concerne la restauration de l'architecture traditionnelle, le secteur public a un rôle pour l'essentiel régulateur et moins souvent proactif. L'initiative de sa réhabilitation repose habituellement sur le secteur privé, qui entreprend là un considérable investissement et qui a besoin d'« en avoir [plus] pour son argent » que la simple préservation de la valeur patrimoniale ne lui apporterait. En d'autres termes, l'objectif de tout investissement privé est le profit, que ce soit un revenu cash ou la satisfaction d'un besoin de logement. De ce point de vue, la valeur patrimoniale attribuée est vue comme un obstacle pour une augmentation du profit à court terme que la propriété doit offrir. Pour cette raison même, les valeurs patrimoniales ne peuvent pas dépendre seulement du jugement individuel. À Chypre, comme dans de nombreux autres pays, les autorités publiques régulent le processus de réhabilitation des bâtiments traditionnels en incluant des restrictions, des directives de conception ou d'autres obligations dans les permis (ou accords) de planification pour des bâtiments qui sont classés comme monuments anciens ou antiques.

L'objectif de ces régulations est notamment d'aider à trouver un juste équilibre entre les valeurs patrimoniales et les valeurs utilitaires pour chaque bâtiment en fonction de ses qualités spécifiques. Les directives de conception mettent l'accent sur l'expression matérielle de ces valeurs ainsi que sur l'authenticité du bâtiment.

Défis posés par les différentes installations et systèmes

Athina PAPADOPOULOU
Architecte
Architecte de conservation travaillant pour l'UNDP-UNOPS dans le cadre du plan maître de Nicosie, Chypre

Les modèles de conditions de vie contemporaines ont ajouté un paramètre supplémentaire aux défis qui étaient posés jusqu'alors aux professionnels dans la restauration des bâtiments historiques : celui de l'introduction des installations mécaniques, électriques et des autres systèmes.

Les installations mécaniques et électriques présentent certaines limitations techniques en ce qui concerne leur installation, aussi bien dans les nouveaux bâtiments que dans les bâtiments historiques. Dans les bâtiments nouvellement conçus, cependant, la conception de la construction est souvent adaptée, précisément, aux besoins d'installation de ces systèmes, alors que dans la conception d'interventions pour la restauration l'installation des systèmes devrait être plus largement adaptée en fonction des priorités de la restauration.
Les limitations techniques des installations mécaniques et électriques devraient tout intégrer, depuis le diamètre, la longueur et le chemin suivi par la tuyauterie jusqu'à l'emplacement d'un système de refroidissement bruyant dans l'environnement extérieur d'un bâtiment historique, par exemple. Habituellement, les planchers, les murs et les plafonds d'un bâtiment sont les zones les plus vulnérables aux interventions pour l'installation de ces systèmes. Les passages horizontaux et verticaux proposés pour ces installations peuvent affecter de manière extrêmement grave la capacité structurelle du bâtiment historique, mais aussi son caractère ainsi que l'usage qui sera fait de l'espace.

Les installations des équipements pour les cuisines et les toilettes peuvent aussi déformer, sans nécessité, la structure, le caractère, l'authenticité ainsi que l'usage du bâtiment traditionnel. Tout d'abord, ces usages doivent être situés, de préférence, dans les extensions du bâtiment historique, tout particulièrement si le bâtiment original n'a jamais reçu de tels usages. Ensuite, il est préférable que les meubles tels que les plans de travail de cuisine soient aussi détachés que possible de la structure même du bâtiment, ou bien incorporés dans des unités mobiles.

Très souvent, on peut constater un manque de sensibilité de la part des consultants en ingénierie mécanique et électrique pendant la restauration de bâtiments historiques. En conséquence, l'architecte en tant que coordinateur doit assumer le rôle de promoteur du travail multidisciplinaire afin de sauvegarder l'application des principes de la restauration internationalement acceptés en faveur de la structure historique.



Les bains ottomans Omeriye, dans les murailles de Nicosie



Le musée Shadow Theatre, dans les murailles de Nicosie

Des solutions créatives peuvent être trouvées, indépendamment des restrictions que pose le bâtiment lui-même ainsi que des limitations techniques, programmatiques et financières.

Dans une tentative d'approche de ce thème, nous proposons ce qui suit comme critère stratégique général :

1. Intervention minimale sur la structure du bâtiment ;
2. Intervention minimale sur l'environnement du bâtiment historique ;
3. Réversibilité des installations ;
4. Non rupture de la capacité structurelle du bâtiment historique ;
5. Conservation du caractère des espaces intérieurs et extérieurs ;
6. Mise en place d'éléments aisément identifiables mais esthétiquement non-intrusifs ;
7. Mise en place d'installations aisément accessibles pour permettre l'inspection et éviter les dommages en cas de fuites (tout particulièrement pour les installations de plomberie et d'évacuation des eaux sales) ;
8. Respect des systèmes préexistants qui peuvent avoir une valeur historique ou archéologique ;
9. Introduction de nouveaux usages compatibles dans certains espaces du bâtiment.

On peut voir quelques exemples de projets de restauration à Chypre qui ont intégré avec succès des systèmes ainsi que des installations d'équipements dans la restauration : (a) les bains ottomans Omeriye ; (b) le projet de jardin d'enfants Chrysaliniotissa ; et (c) le musée Shadow Theatre.



Le projet de jardin d'enfants Chrysaliniotissa, dans les murailles de Nicosie

a. Les bains ottomans Omeriye, dans les murailles de Nicosie

Les nouvelles tuyauteries d'alimentation en eau des « chambres chaudes » ont été installées à une distance d'environ 5 centimètres de la surface extérieure des murs à la même hauteur que les tuyaux de terre cuite préexistants. Les tuyaux originaux ont été conservés à l'intérieur de la masse des murs de pierres en guise de témoignage de l'histoire du bâtiment puisque leur condition physique ainsi que les besoins actuels de fourniture d'eau ne permettaient pas leur réutilisation.

b. Le projet de jardin d'enfants Chrysaliniotissa, dans les murailles de Nicosie

Les nouvelles toilettes de même que la nouvelle cuisine ont été situées dans la nouvelle extension du bâtiment classé afin de préserver le caractère et les rapports des espaces dans le bâtiment historique.

c. Le musée Shadow Theatre, dans les murailles de Nicosie

Les canalisations ainsi que les tuyauteries sont masquées par une plaque de métal perforée et situées dans un emplacement facilement accessible sans rupture du mur du bâtiment traditionnel.

Outil 8
Les techniques de réhabilitation : renforcer les structures



Outil 8

Les techniques de réhabilitation : renforcer les structures

La réhabilitation des éléments structuraux de l'architecture traditionnelle méditerranéenne

César DÍAZ GÓMEZ
Docteur architecte
Professeur des universités au Département des Constructions architecturales I de l'École technique supérieure d'Architecture de Barcelone, Université polytechnique de Catalogne, Espagne

1. Principes généraux

Au vu du grand éventail de techniques applicables aux interventions de réhabilitation structurelle des bâtiments de l'architecture traditionnelle méditerranéenne, il convient d'énoncer quelques principes généraux qui guideront le choix de la technique appropriée en fonction de la situation qui se présentera. Aussi, avant de passer en revue les procédures et les techniques disponibles, commencerons-nous par exposer synthétiquement les aspects déterminants de toute intervention, quel que soit l'objectif ciblé ou la problématique à résoudre.

a. Connaissance et adaptation au contexte technologique du lieu

La faisabilité de l'application de la technique d'intervention retenue avec les ressources disponibles sur place, de la manière la plus naturelle possible, en profitant des connaissances et des savoir-faire des artisans du secteur, est une priorité essentielle qui se traduira toujours par une réduction des coûts de l'intervention, comparée à d'autres solutions applicables et, probablement, par une compatibilité plus aisée, doublée d'une meilleure adaptation aux caractéristiques des techniques constructives d'origine.

b. Considération globale des répercussions de l'intervention

Il ne faut pas oublier que les interventions –quelle que soit la spécificité de leurs objectifs– peuvent avoir des effets complémentaires très divers dont il faudra tenir compte avant de prendre une décision. Par exemple, renforcer un mur extérieur par l'application d'une couche de béton projeté servira aussi à le rendre plus étanche ; ajouter une dalle de compression armée à un plancher renforcera l'isolation acoustique. Dans tous les cas, il faut également examiner les effets négatifs qui lui seront probablement associés, tels que la modification des espaces par la mise en œuvre de poutres maîtresses ou de piliers, l'obligation d'effectuer des travaux d'entretien sur les parties ajoutées, etc. Par conséquent, il y a lieu de considérer tous les effets dans leur ensemble, qu'ils soient favorables ou défavorables.

c. Clarté de l'approche mécanique et structurelle

Dans les travaux de réhabilitation structurelle des bâtiments, il convient de spécifier clairement l'objectif technique visé par l'intervention proposée. Trois approches sont possibles :

1. La restauration de la capacité portante initiale de l'élément à réhabiliter. Il s'agit, de fait, de ce que nous interprétons habituellement comme étant la réparation de l'élément endommagé ;
2. L'augmentation de la capacité portante de l'élément sur lequel nous intervenons, qui équivaut généralement au renfort de l'élément endommagé ;
3. Le remplacement fonctionnel de l'élément par un nouvel élément assumant entièrement la capacité portante requise, sans retirer nécessairement l'élément à réhabiliter.

Bien sûr, le choix de l'approche dépendra des exigences mécaniques requises ainsi que de la capacité à les satisfaire de l'objet de l'intervention.

d. Singularité des interventions portant sur des bâtiments d'une valeur patrimoniale particulière

Quand le bâtiment est un *bien culturel* d'une valeur patrimoniale particulière, il convient de penser à d'autres aspects spécifiques qui assureront la préservation au fil du temps de ses caractéristiques d'origine. C'est ainsi que des notions telles que la *réversibilité*, qui permettra au besoin d'éliminer les effets d'une intervention, seront jugées prioritaires dans le choix de la technique à appliquer. Par contre, dans un autre domaine plus essentiel, il sera admissible, sans avoir à fournir d'autres arguments pour en justifier la pertinence, de choisir de *restaurer à l'identique*, à condition bien sûr que la prestation fonctionnelle de la méthode réponde aux exigences de l'intervention.

2. Interventions sur les murs et les piliers

Les matériaux et les appareillages des murs épais d'autrefois, en pierre et en terre, sont peu résistants aux tensions de traction et de cisaillement. Précisons aussi que l'eau les fragilise considérablement du fait de la forte perméabilité de la terre et de la plupart des mortiers employés.

Il en ressort quelques règles générales d'intervention sur ces éléments qui, alliées aux premières règles citées plus haut, vont conditionner le choix de la technique de réparation ou de renfort à appliquer dans chaque cas. Plus précisément et quelle que soit la technique appliquée, il faut prendre soin de distribuer de manière homogène les sollicitations introduites, afin d'éviter dans la mesure du possible des efforts additionnels de traction ou de cisaillement dans le mur. De même, il y a lieu de ne pas augmenter les efforts de compression, vu la difficulté à caractériser cet effort par des essais dans la plupart des vieux murs. Pour terminer, il peut être utile de chercher à absorber les efforts dans le plan transversal du mur, en créant ainsi une résistance capable de le rendre plus robuste et de contenir les poussées.

Nous allons examiner maintenant et commenter les techniques d'intervention qui s'appliquent le plus souvent à ces éléments.

a. Remplacement physique de la partie endommagée

Il s'agit de remplacer le matériau de la partie fissurée, bombée ou menacée par la dégradation et de reconstruire avec le même matériau ou d'autres dont la résistance et la déformabilité seront similaires. Dans les murs ou les piliers en pierre ou en brique, l'usage veut que l'on reprenne le même matériau, tandis que dans les murs en terre, on pourra employer la brique. Dans tous les cas, l'objectif de l'intervention ne peut que prétendre restaurer la capacité portante initiale de l'élément endommagé.

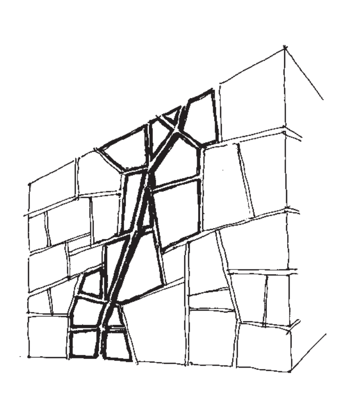
Il est important de ne pas oublier que ce type d'intervention requiert l'élimination préalable de la cause du problème ou au moins la constatation d'un dommage passif au sens où la cause aura cessé d'agir. En ce qui concerne l'exécution, il faut prendre grand soin du contact de la partie remplacée avec l'ouvrage, pour assurer une correcte transmission des charges, sans oublier la similitude déjà citée de leurs caractéristiques mécaniques.

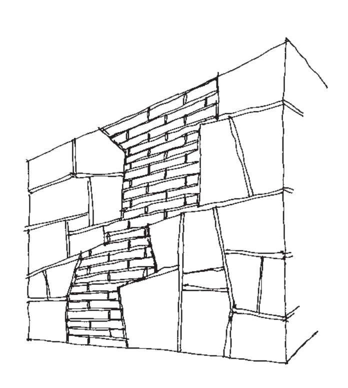




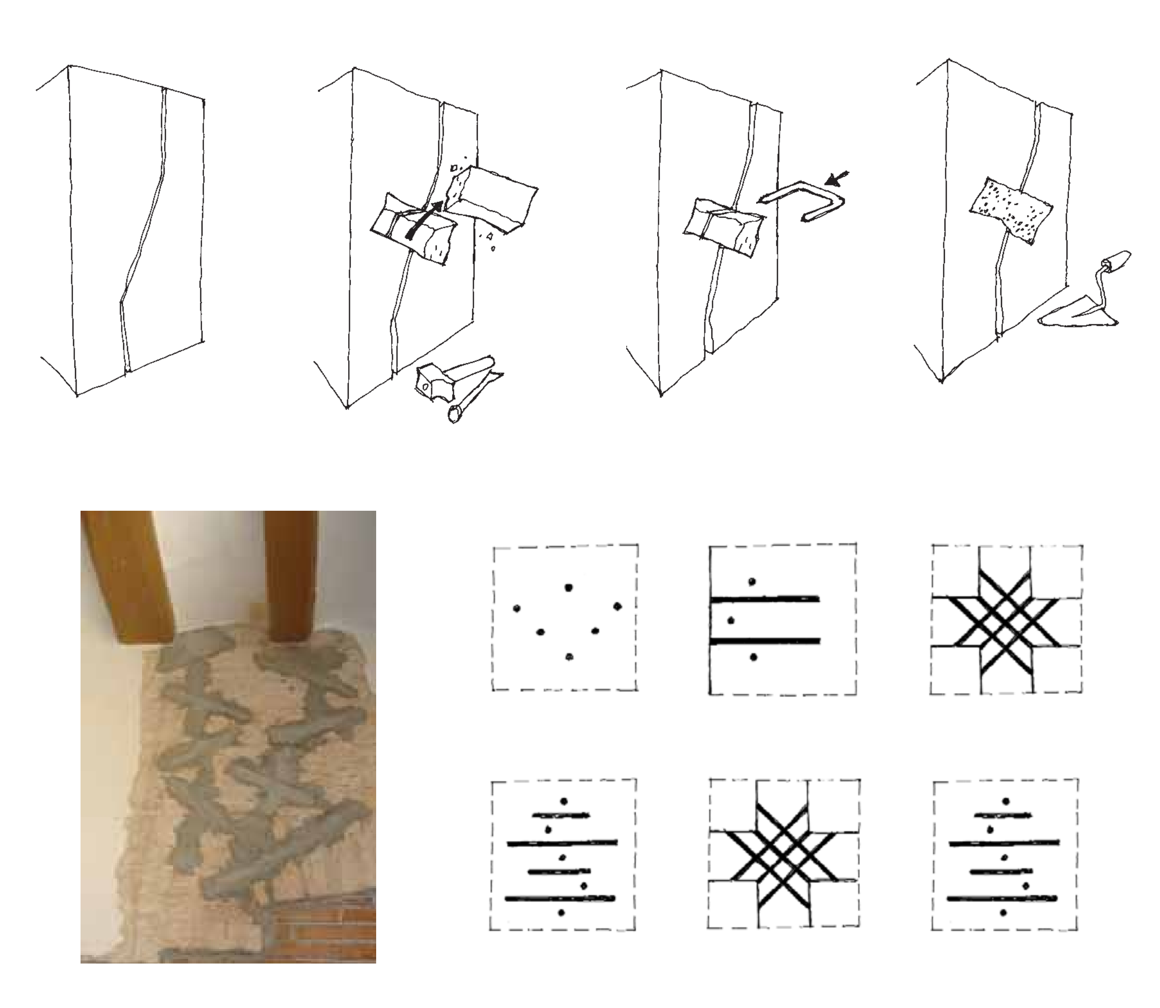
b. Reprise de fissures

La méthode consiste à intercaler entre les lèvres de la fissure du mur des éléments plus résistants et plus rigides en guise de sutures, tels que des agrafes métalliques, des morceaux de brique, etc. Il s'agit de retrouver la continuité perdue du mur endommagé, de sorte que les tensions puissent être de nouveau transmises et distribuées de manière homogène dans la partie lézardée. Pour que cette méthode soit efficace, il faut que la fissure soit passive comme nous venons de l'expliquer, c'est-à-dire que la cause de son apparition n'agisse plus sur la partie à réparer.









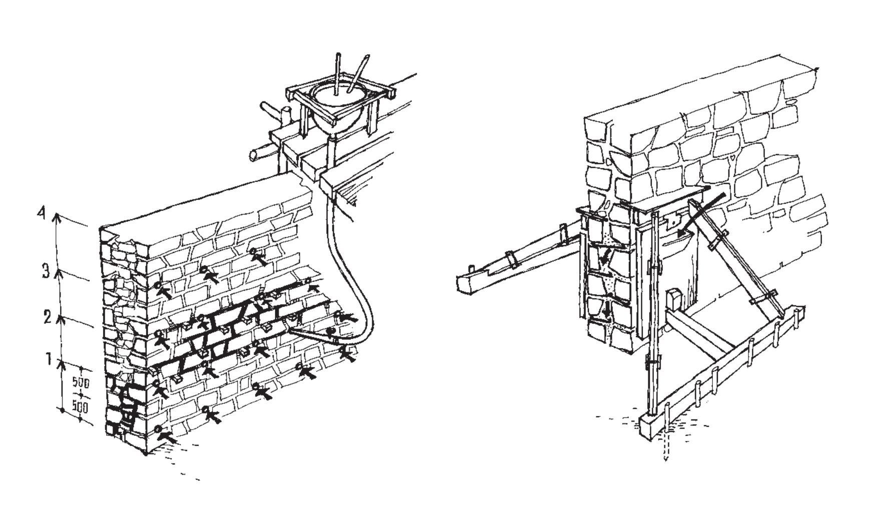
c. Injections

Il s'agit d'un autre système de réparation de fissures et de brèches passives, applicable à des murs en maçonnerie appareillée ou en brique, qui consiste à introduire un liquide sous pression pour colmater entièrement le vide entre les lèvres de la fissure. En durcissant et en adhérant au support, ce liquide restitue à l'élément endommagé sa continuité d'origine. Les caractéristiques du liquide –généralement à base de composants époxydiques– et la pression d'injection varient en fonction des matériaux du mur et de la taille du trou à reboucher. Le scellement superficiel, préalable à l'injection dans la fissure ou la brèche, doit être capable de supporter la pression du liquide avant son durcissement.



d. Rejointoiements

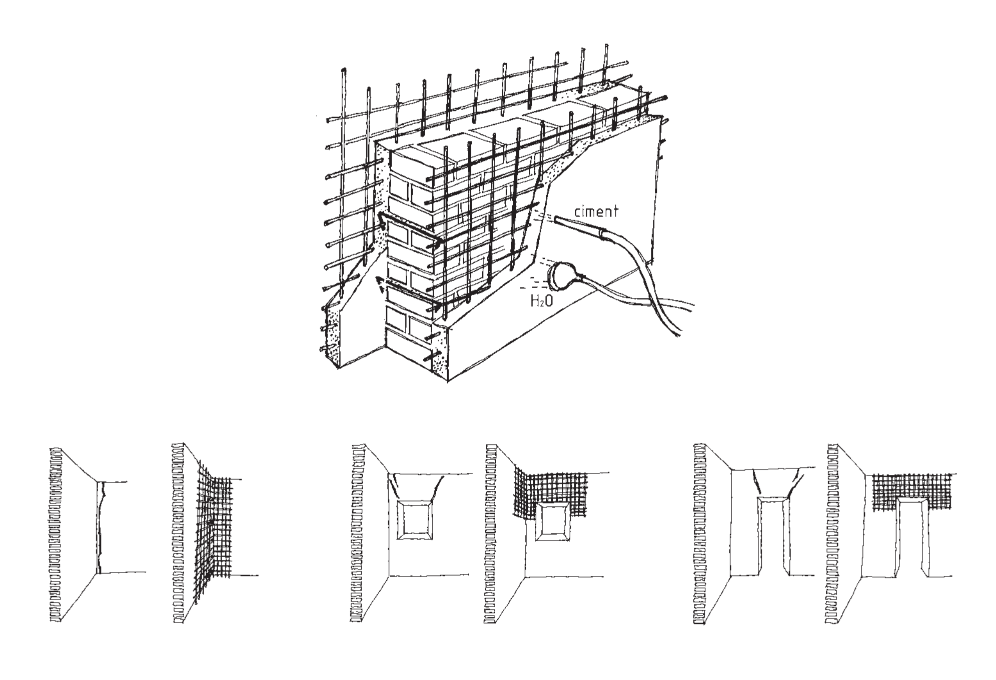
C’est une procédure de restitution de la résistance initiale applicable aux murs en pierre ou en brique qui consiste à rejointoyer au mortier les parties détériorées par l’érosion ou par les racines de plantes qui ont poussé entre les pierres. Des produits de densité ou de viscosité variables sont introduits par gravité ou par infusion, en fonction de la technique d’exécution employée.





e. Enduit de renfort à base de mortier ou de béton armé

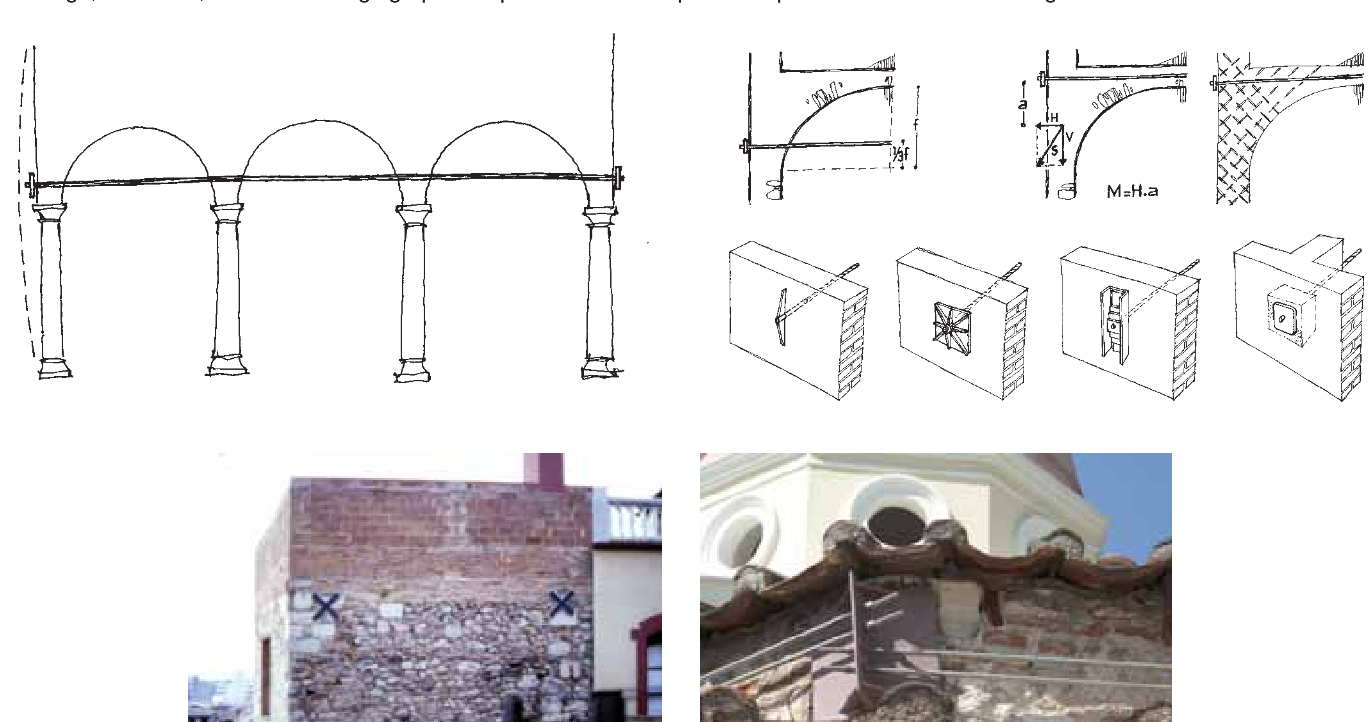
Cette technique consiste à augmenter la section du mur endommagé ou sous-dimensionné en incorporant aux parements des épaisseurs de matériau –mortier ou béton– après la pose de treillis métalliques, solidarisés entre eux dans le mur. La mise en œuvre du matériau de renfort peut se faire en disposant des coffrages parallèles aux parements et en y coulant ensuite la préparation, ou bien par simple projection sur les parements avec le treillis déjà en place ou encore par gunitage en choisissant la procédure selon l’épaisseur requise et le supplément de résistance attendu du renfort. Cette solution est très polyvalente en ce qu’elle s’adapte à des structures de murs complètes, à des murs entiers ou à des pans précis. Cette qualité la rend tout spécialement appropriée pour renforcer des bâtiments que les mouvements sismiques auront abîmés, en augmentant la rigidité des parties du bâtiment qui l’exigent et, au besoin, celle de l’ensemble du bâti.





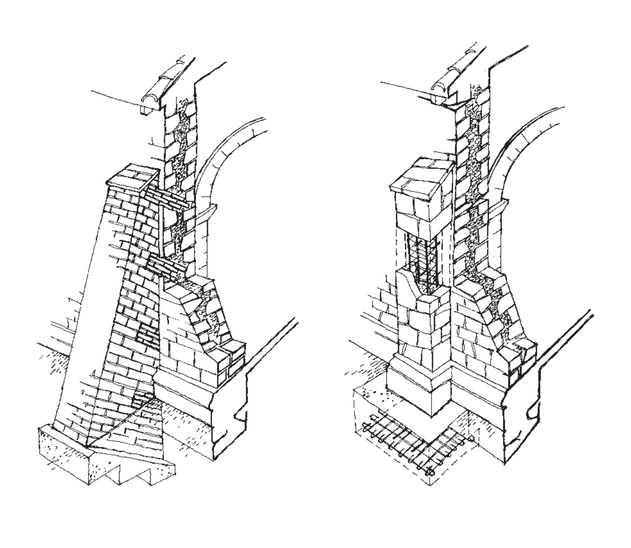
f. Pose de tirants

La pose de tirants dans les structures murales vise généralement à freiner l'effondrement des murs ou leurs déformations progressives transversalement à leur plan. Cette méthode consiste à disposer des éléments linéaires qui vont exercer des tractions. Appelés tirants, ces éléments sont constitués en principe d'un câble d'acier et fixés à deux murs opposés par des pièces spécifiques d'ancrage qui évitent l'évolution de leur écartement et la perte subséquente de leur capacité résistante. Il convient de prévoir que l'un des deux éléments d'ancrage, au moins, admettra le réglage périodique de la tension pour compenser les effets de l'allongement éventuel du tirant.



g. Contreforts

Leur fonction équivaut à celle des tirants et il est pratiquement obligatoire de les appliquer lorsque le bâtiment ne dispose pas d'éléments suffisamment rigides, capables d'absorber les tensions ponctuelles créées aux points d'ancrage des tirants. Dans ces cas, l'absorption des poussées des voûtes, des arcs ou de tout autre élément qui introduirait des sollicitations inclinées dans les murs, peut être confiée aux contreforts, car ils sont capables de transmettre ces actions au terrain à travers leur section. Dans la conception et le calcul du contrefort, il faut tenir compte de la forte limitation de l'assise requise par le nouveau contrefort pour fonctionner correctement.

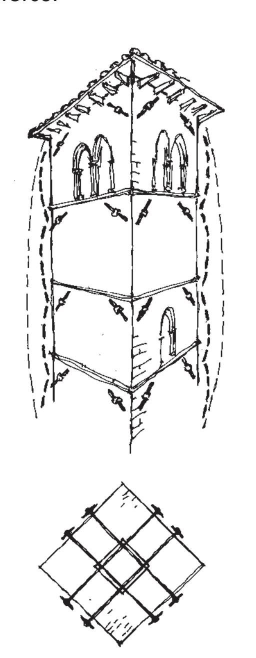


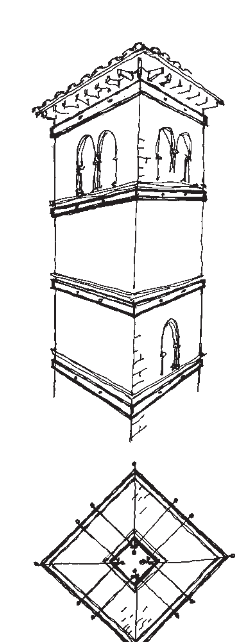




h. Chaînage

La disposition de ceintures ou de courroies sur le pourtour de murs structurants fermés, montés avec un appareillage en brique, d'un bâtiment ou sur ses piliers en pierre ou en brique, pour les rendre plus robustes et augmenter leur résistance, est un système ancien que l'on retrouve dans de nombreux édifices historiques bien connus, tels que le Colisée romain ou les clochers italiens du Moyen Âge. Le fer et l'acier sont les matériaux employés depuis longtemps pour fabriquer ces éléments. Plus récemment, les bandes en fibre de carbone remplissent la même fonction dans certaines situations. Néanmoins, il est nécessaire de considérer les effets du matériau qui adhérera à l'élément renforcé.



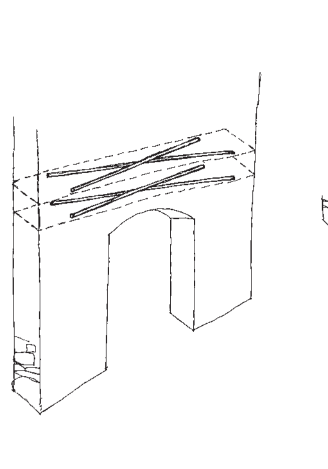


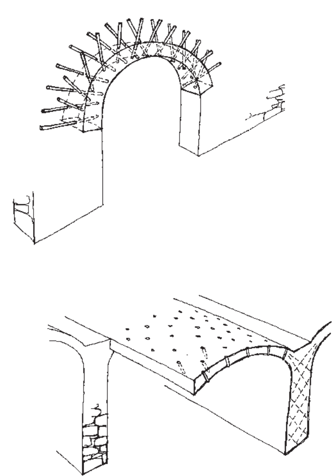


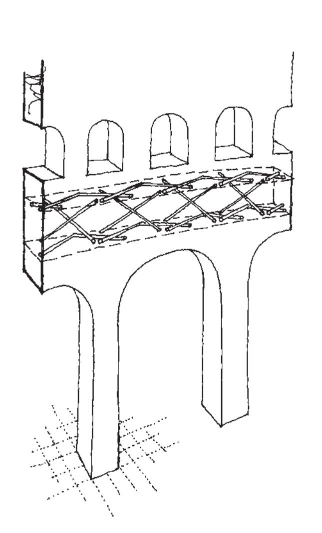


i. Taxidermies avec des barres d'acier

C'est un système de renfort intégral, applicable aux murs en pierre ou en brique, qui consiste à mettre en œvre des armatures en acier à l'intérieur du mur, embouties dans des perforations atteignant parfois quelques mètres de longueur, de sorte à créer de véritables structures secondaires de barres à l'intérieur des murs, pour augmenter leur capacité de résistance globale ou créer des zones plus rigides, capables de distribuer de manière homogène les sollicitations descendantes. Le contact entre les barres d'acier et le matériau dont le mur est constitué se fera au moyen d'un produit adhérent, généralement à base époxydique.









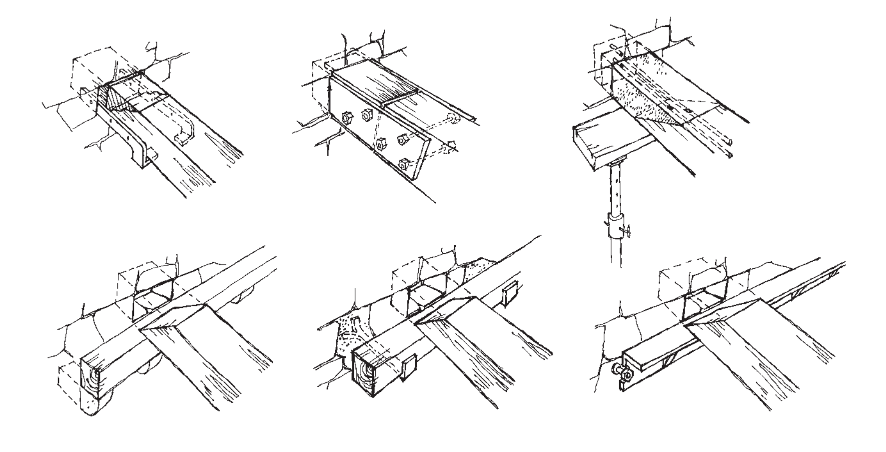
3. Interventions sur les planchers et les couvertures

Les interventions sur les planchers de poutres et poutrelles en bois doivent partir d'un diagnostic préalable des causes des dysfonctionnements, dus à l'attaque d'agents biotiques, au fluage du bois ou à des déficiences dans le dimensionnement du plancher par rapport aux sollicitations mécaniques qu'il reçoit. Le choix de l'intervention requiert la connaissance des conditions d'utilisation futures et de la nécessité de conservation non seulement des éléments sur lesquels on intervient mais aussi de ceux sur lesquels l'action prévue peut avoir une influence, tels que les faux plafonds ou les sols de grande valeur artisanale et picturale.

Nous allons exposer maintenant les formes et les méthodes d'intervention les plus usuelles sur ces éléments résistants.

a. Remplacement fonctionnel des appuis sur les poutres et poutrelles

Les attaques de champignons et de termites se concentrent souvent sur les appuis des poutres et des poutrelles en bois, notamment du côté des murs extérieurs, à cause des conditions spéciales d'humidité et d'obscurité qui les caractérisent. Dans ces cas, il faut généralement procéder au remplacement fonctionnel ou au renfort des appuis endommagés par la décomposition du bois, à l'aide de l'un des nombreux procédés existants que l'on choisira en fonction de plusieurs paramètres : problème concernant quelques poutrelles désolidarisées ou une ligne d'appuis contigus, caractéristiques du mur sur lequel elles reposent, techniques disponibles et apparence formelle de la solution retenue.



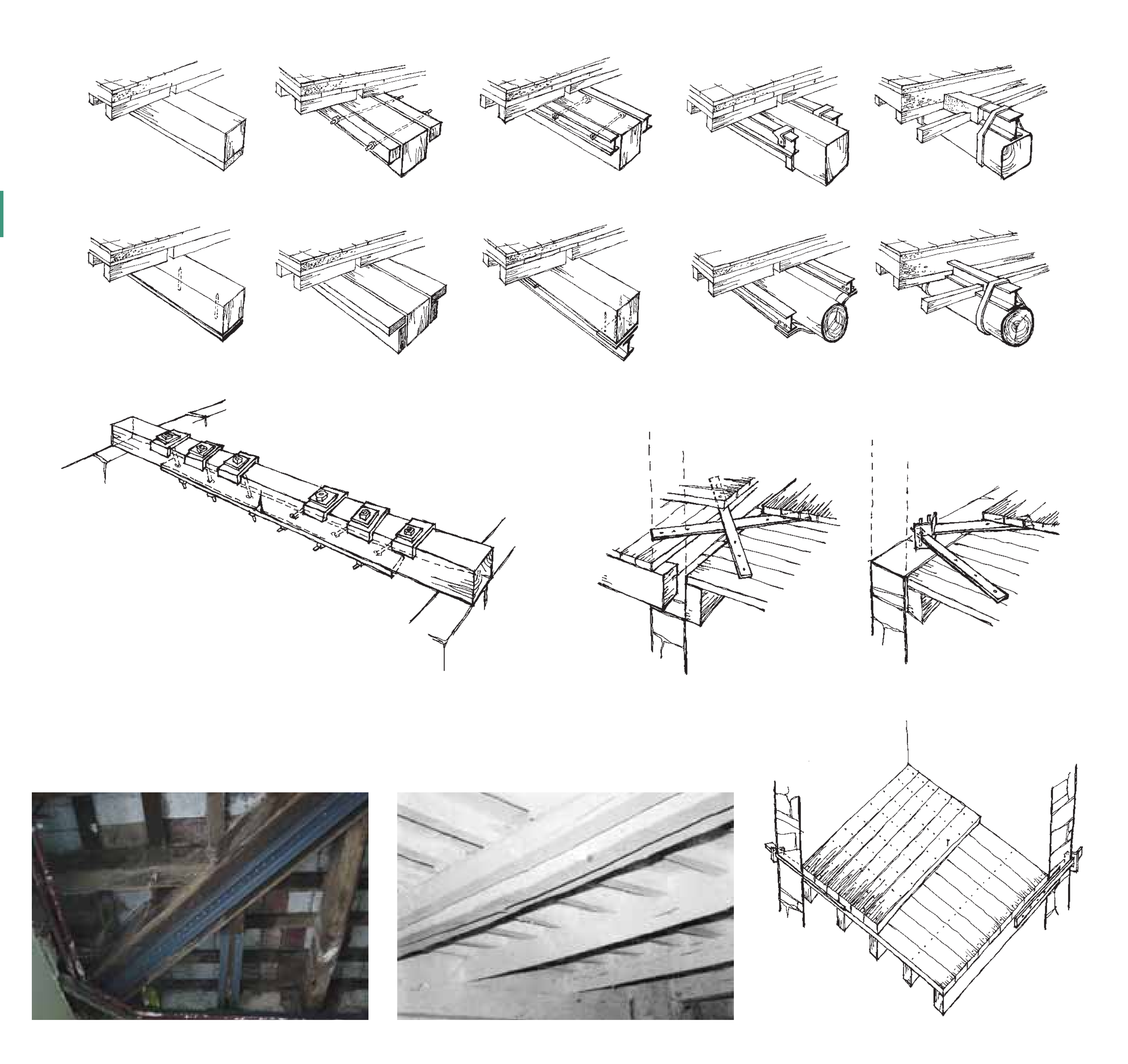




b. Suppléments de résistance pour les poutres et les poutrelles

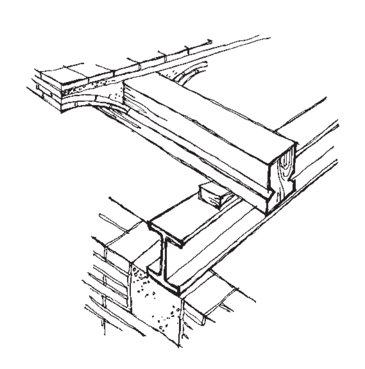
Cette technique consiste à ajouter de nouveaux éléments qui vont collaborer à l'absorption des efforts jouant sur la poutre ou les poutrelles, lorsque le dimensionnement est jugé insuffisant ou lorsque les effets du fluage du bois ont créé des déformations excessives. Les matériaux de renfort utilisés sont généralement en bois ou constitués de profilés en acier, leur position étant latérale, inférieure ou supérieure par rapport à l'élément à renforcer. On choisit la position supérieure dans tous les cas où il y a lieu de conserver l'apparence du plancher d'origine, en présence de peintures ou de faux plafonds de valeur. La position inférieure est retenue le plus souvent pour renforcer les poutrelles quand la hauteur libre au sol admet une réduction, tandis que la position latérale est plus répandue si les poutres en bois à renforcer supportent des pans entiers de planchers de poutrelles ; il suffit alors de fixer deux éléments avec des goujons traversant la poutre. Les hypothèses pour le calcul des renforts sont diverses, selon la possibilité de collaboration résistante des éléments sous-dimensionnés ou endommagés et les déformations préalables (contre-flèches) à envisager pour obtenir leur entrée en charge conjointe avec le renfort.

8



c. Montants intermédiaires

Les montants intermédiaires constituent une solution simple et efficace pour réduire les tensions de flexion introduites par les surcharges et les déformations dues au fluage du bois. On emploie des poutres en bois ou en acier, disposées en travers de la poutre à renforcer et divisant sa portée en deux ou en trois. La possibilité d'obtenir de bonnes conditions d'appui pour le montant ainsi constitué est généralement décisive dans le choix de la solution. Il faut en effet monter des murs perpendiculairement aux murs porteurs dont la résistance a faibli ou, à défaut, des piliers spécifiques avec une bonne assise sur le terrain pour pouvoir lui transférer les charges correctement.

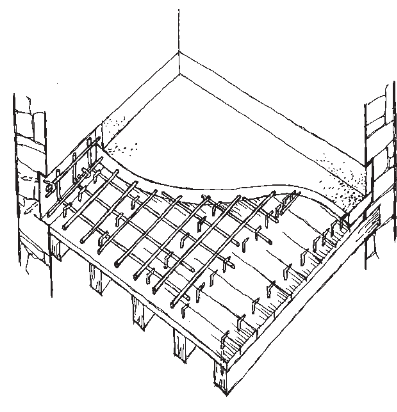


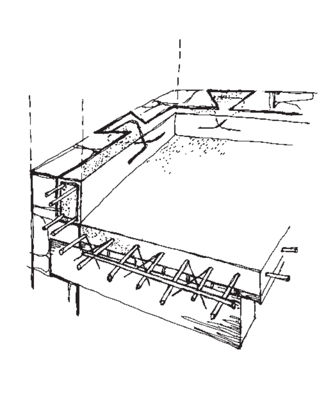


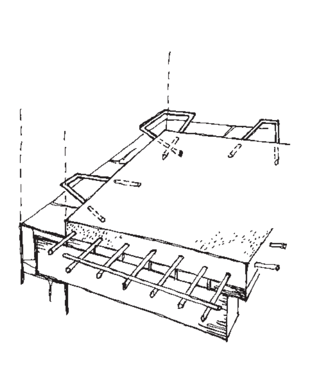


d. Pose additionnelle de dalles en béton armé

La pose additionnelle de dalles en béton armé, raccordées aux poutrelles en bois des planchers, est l'une des solutions les plus courantes aujourd'hui dans les interventions de réhabilitation de bâtiments. Le principe réside dans la transformation des poutrelles d'origine en poutres mixtes, bois et béton, et offre la possibilité de distribuer les tensions de la flexion de manière coplanaire dans toutes les directions du plan du plancher en augmentant la rigidité globale de la construction par la liaison de la nouvelle dalle dans l'épaisseur des murs et sur tout le périmètre, ce qui améliore aussi la résistance au séisme. Par ailleurs, le béton ajouté améliore aussi l'isolation acoustique du plancher. L'élément le plus critique de cette solution est celui de la liaison de la nouvelle dalle avec le mur, laquelle va dépendre des caractéristiques de rigidité, de cohésion et de percement des murs, ces caractéristiques étant très variables et imprévisibles.







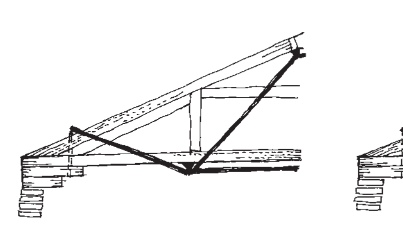
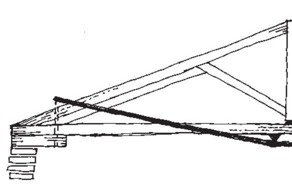
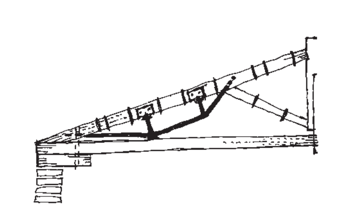
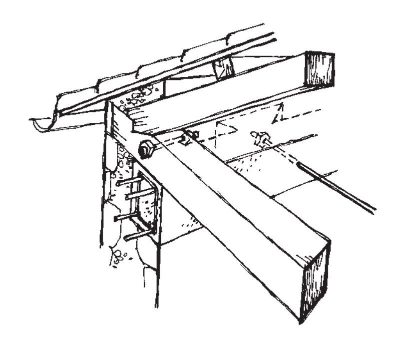






e. Interventions spécifiques sur les ossatures et les fermes des couvertures

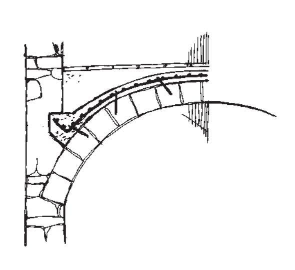
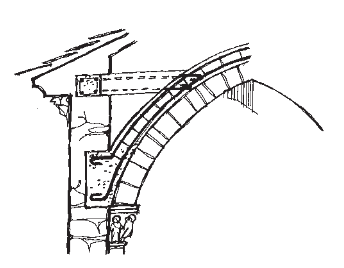
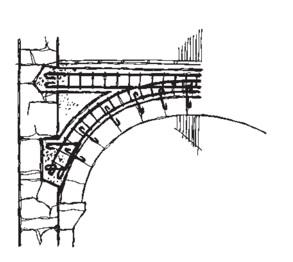
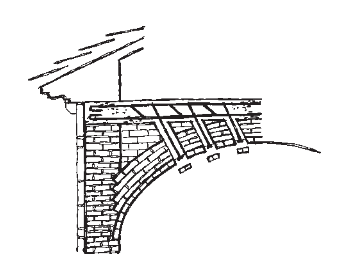
Alors que, selon l'état de ces éléments, il est généralement conseillé de les remplacer, dans la mesure où ils sont les plus exposés aux effets de l'humidité, il arrive aussi que l'on préfère envisager de les renforcer. C'est le cas lorsque leur état général le permet, selon leur importance ou leur intérêt fonctionnel. Bien entendu, le remplacement fonctionnel des appuis et leur régularisation par une disposition, si possible, sur un linteau de décharge rigide pour distribuer au mieux les charges transmises aux murs sont des opérations souvent nécessaires et recommandables. Pour le renfort des paires, tirants et contre-fiches, que l'on ne veut pas masquer, on emploie de plus en plus des armatures postcontraintes pour compenser les tractions ou créer de nouveaux équilibres de forces.




f. Interventions spécifiques sur les arcs, les voûtes et les coupoles

Certaines solutions applicables au renfort des planchers intéressent aussi les arcs, les voûtes et les coupoles. Ainsi les tirants métalliques interviennent-ils très souvent pour étayer les arcs et les voûtes ; on les placera sur les parties tractées de l'extrados. Les arcs peuvent élargir leur chant résistant au moyen de barres d'acier introduites, en guise de taxidermie, à partir de l'intrados. Sur certaines voûtes surbaissées, les chaînages périphériques en acier ou en béton armé absorbent les poussées créées au niveau du soubassement. Quant aux dalles en béton armé, elles peuvent renforcer les voûtes et les coupoles en les connectant sur l'extrados. Il convient néanmoins de s'interroger dans chaque cas sur l'intérêt de ces solutions, comparées à d'autres qui préservent la méthode constructive d'origine, et d'exiger comme condition sine qua non la réversibilité de l'intervention.





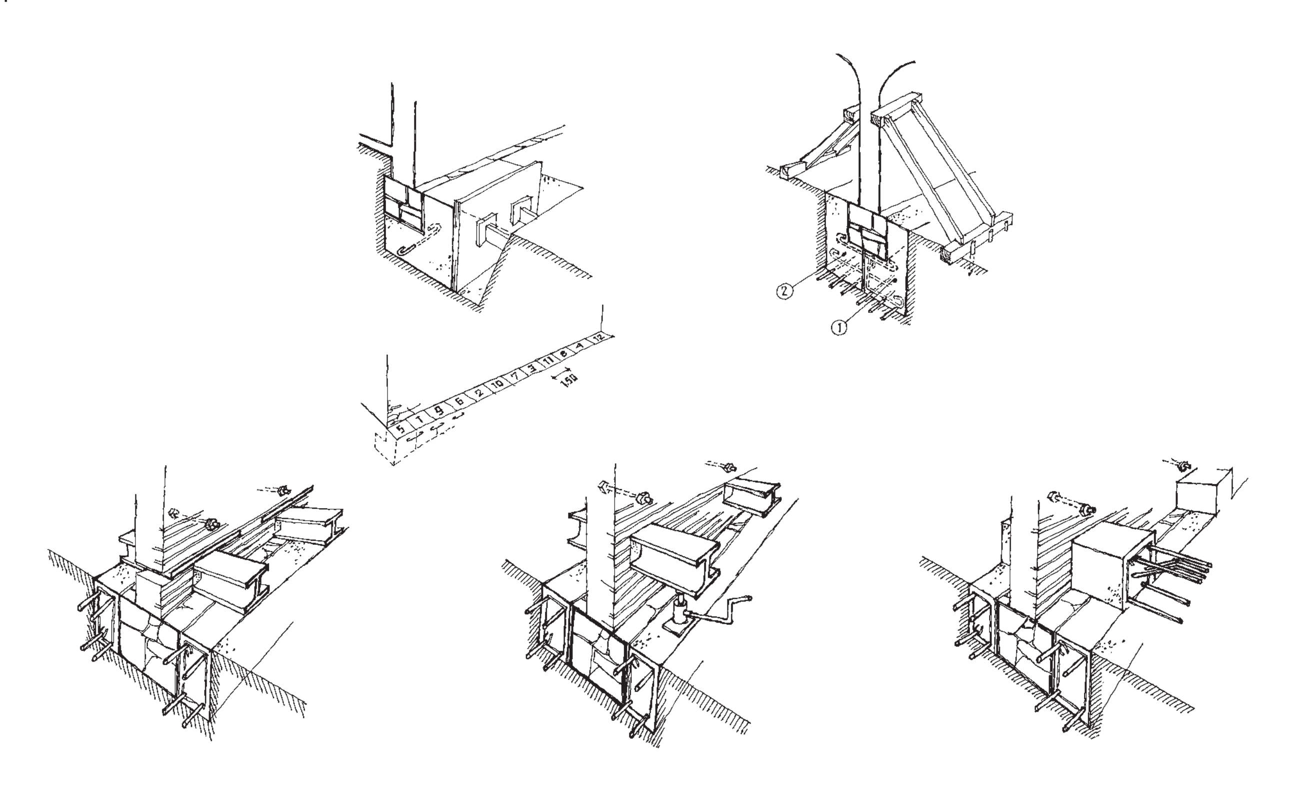
4. Interventions dans les fondations

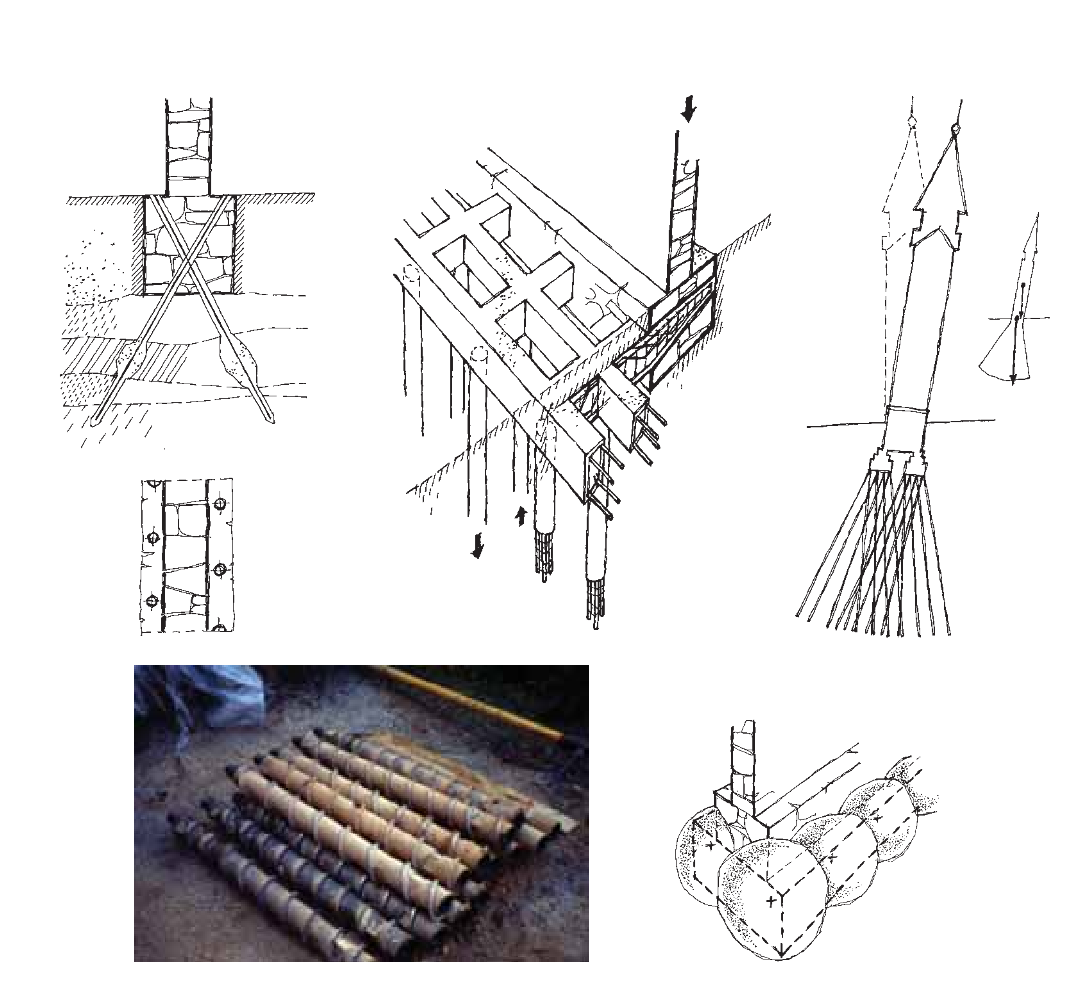
La décision quant au type d'intervention à entreprendre quand un bâtiment fait l'objet de problèmes découlant de mouvements du terrain requiert une connaissance du type ainsi que des caractéristiques des fondations du bâtiment, une phase de suivi de l'activité des lésions, et une autre d'information sur les caractéristiques géotechniques du terrain jusqu'à une profondeur suffisante. Ce n'est qu'après avoir obtenu l'ensemble de ces données et après cette phase d'analyse que doit être envisagé le type d'intervention à entreprendre. Ce sera précisément la nécessité ou non d'entreprendre telle ou telle action qui fera des conditions de charge de la partie solide des fondations originales ou d'amélioration du terrain l'une des décisions les plus importantes à prendre dans cette phase initiale.

Lorsque les fondations du bâtiment sont de type superficiel, ce qui constitue le cas le plus fréquent, le système le plus habituel de reprise est celui qui consiste à placer en-dessous un support un peu plus large compacté à la partie solide des fondations préexistantes. Il faut définir dans chaque cas, en fonction des caractéristiques du terrain, la fondation à renforcer, la profondeur et la largeur du nouveau support, ainsi que la longueur des tranchées d'excavation effectuées sous les fondations préexistantes.

Actuellement, il est de plus en plus fréquent d'utiliser des micro-pieux disposés certains verticalement et d'autres inclinés, qui englobent un plus grand volume de terrain afin d'absorber les efforts à la base des fondations, utilisant celles-ci comme un ensemble général.

Par contre, les systèmes fondés sur l'augmentation de la largeur de la base des fondations sont plus rares, à cause, en particulier, de la difficulté d'absorber les efforts de cisaillement au niveau des interfaces entre les nouvelles et les anciennes fondations. De la même manière, les systèmes qui utilisent des pieux conventionnels, du fait de l'énorme outillage que cela requiert, ou ceux qui visent à l'amélioration des terrains par injection de produits chimiques, valables seulement dans certains types de terrains d'une perméabilité adéquate, sont aussi inhabituels.







Références

Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (A.N.A.H.). *Les planchers anciens*, éditions du Moniteur, 1979, Paris

Baglioni, A., Guarnerio, G. *La ristrutturazione edilizia*, éditions Hoepli, 1980, Milan

Di Stefano, R., *Il consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, Edizioni Scientifiche Italiane, 1990

Divers auteurs. *Il restuaro delle costruzione in muratura. Problema metodologi ed tecnique di consolidamento*, éditions Kappa, 1981, Rome

Divers auteurs. *Manual de diagnosi i intervenció en sistemas estructurals de parets de càrrega*, Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes tècncics de Barcelona, 1995, Barcelone

Divers auteurs. *Tratado de rehabilitación, Tome 1: Patología y técnicas de intervención. Elementos estructurales*, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica, Universidad Politécnica de Madrid, éditions Munilla-lería, 1998, Madrid

Galloni, F., ED. *Consolidamento e recupero dell'architettura tradizionale: degli intervente singoli agli intervente d'insieme urbano*, ASS.I.R.CO IV Congresso Nazionale, éditions Kappa, 1992, Rome

López Collado, G. *Ruinas en construcciones antiguas*, Ministerio de la Vivienda, 1976, Madrid

Mastrodicasa, S. *Dissesti statici delle strutture edilizie*, éditions Hoepli, 1978 (6e édition), Milan

Mele, M. *Esempli di intervento per la riparazione e il rafforzamento di edifice di abitazione. Prescrizioni per l'edilizia nelle zone sismiche*, conférence au congrès ASS.I.R.CO, 1980

Munafò, P. *Recupero dei solai in legno*, éditions Dario Flaccovio, 1990, Palerme

Pasta, A. *Restauro antisismico*, éditions Dario Flaccovio, 1992, Palerme

Rocchi, P. *Progettare il consolidamento*, éditions Kappa, 1983, Rome

Consolidation et traitement des fondations. Expériences égyptiennes

Wahid EL-BARBARY
Architecte
Directeur général du Secteur de Projets du Conseil suprême des Antiquités, Égypte

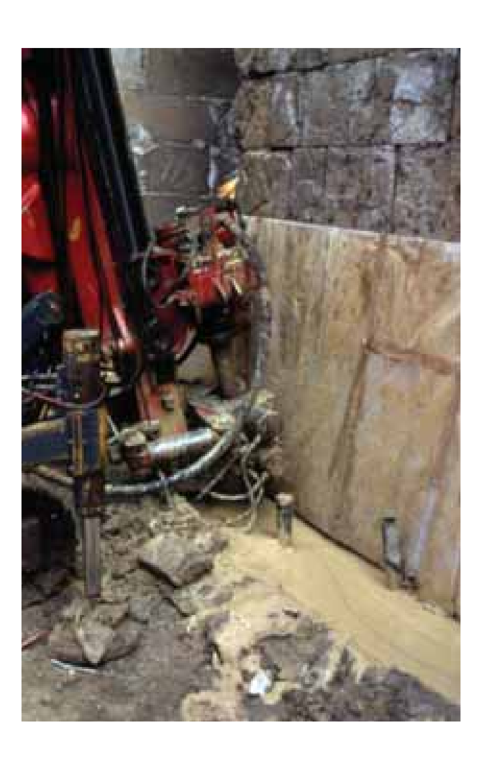
Toutes les structures d'ingénierie sur le sol, y compris les remblais de terre, les barrages (aussi bien en terre qu'en béton), les bâtiments ou les ponts comportent deux parties, la partie du dessus, ou superstructure, et la partie du dessous, ou fondations.

La définition des fondations est la suivante : élément d'interface situé entre la superstructure et la terre ou les roches qui se trouvent en-dessous.

L'ingénierie de fondations est l'art et la science qui consiste à appliquer les capacités ainsi que les principes de l'ingénieur aux mécaniques du sol pour résoudre le problème de l'interface. Elle concerne aussi les solutions aux problèmes de soutènement des masses de terre par plusieurs types d'éléments structuraux tels que les murs de soutènement ou les palplanches.

L'ingénierie de fondations est aussi l'art et la science d'utiliser les capacités ainsi que les principes de l'ingénieur aux mécaniques des sols pour préparer des réponses adaptées aux modifications des conditions de géométries et de charges que peuvent entraîner les masses de terre.

On doit remarquer, enfin, que l'ingénierie de fondations a été définie plus brièvement comme étant l'art et la science d'utiliser les capacités et les principes de l'ingénieur aux mécaniques des sols.



Les conditions du sol sont l'une des causes principales des désordres dans les structures de maçonnerie, liées aux modifications des propriétés du sol avec le temps, comme par exemple l'augmentation des niveaux de teneur en eau du sol. Il est aussi largement reconnu que les dommages structurels dus aux tremblements de terre sont très influencés par les conditions du sol. En général, l'amplitude et la durée des tremblements de terre dépendent de la profondeur ainsi que de l'état, plus ou moins meuble, du sol sur le site. L'ingénieur doit donc obtenir suffisamment d'informations pour évaluer la capacité de portance des charges ainsi que l'amplification dynamique caractéristique du sol. Pour des sites présentant des dangers géologiques importants, tels que les sols susceptibles d'affaissements graves, les sols extra-sensibles, ou les sols ayant une grande probabilité de liquéfaction, une investigation géotechnique spéciale est nécessaire. Dans certaines circonstances, cependant, il peut être approprié de mener des recherches séismologiques et géotechniques qui vont bien au-delà des conditions minimums imposées par le code de la construction. Cela peut être le cas, par exemple, lorsque des amplifications des mouvements du terrain dues aux conditions du site ou aux effets de l'interaction terrain-structure sont considérées comme pouvant jouer un rôle important dans le comportement de la structure qui fait l'objet de la recherche. En outre, une investigation géotechnique peut être entreprise pour prendre des mesures exploratoires ou curatives.

On peut faire une distinction entre les différents types de fondations utilisés pour supporter les bâtiments :

- Les fondations peu profondes (les semelles ou empattements) telles que les fondations continues sous les murs (la largeur de la fondation étant un peu plus importante que celle du mur qu'elle supporte), utilisant généralement des pierres et du mortier destinés aux fondations de construction ;
- Les fondations profondes (pieux, pilotis, piles, piliers ou fondations à caisson) qui sont utilisées lorsque la résistance (c'est-à-dire la capacité de portance) du sol n'est pas suffisante pour supporter l'ensemble de la structure extérieure. Il existe de nombreux types de fondations profondes depuis les fondations très anciennes utilisant des pierres et des mortiers jusqu'aux piliers de bois, tout particulièrement lorsque l'eau est très proche. La capacité des fondations, dans ce cas, est la somme des capacités latérales et de la capacité locale.

Choisir une méthode pour consolider et traiter les fondations d'un bâtiment vieux ou traditionnel dépend de la connaissance des raisons d'origine de la dégradation : affaissement, augmentation des charges, modification de la géométrie de la structure, tremblement de terre, explosion, changement du niveau de l'eau et/ou actions chimiques. Nous considérons que le traitement des fondations doit suivre les recommandations indiquées ci-dessous :

- Réalisation d'études géotechniques pour le sol des fondations, inspection et diagnostic des fondations, et connaissance de la situation ainsi que de l'état du moment. Le choix de la méthode ou du renforcement dépend du rapport des experts géotechniques et de leurs recommandations ;
- Le renforcement des fondations souterraines ne doit pas nécessairement conserver le même type de construction que la partie supérieure de la structure.

De nombreuses méthodes existent pour renforcer les fondations :

- Consolidation des fondations préexistantes ;
- Utilisation de micro-piles ;
- Renforcement du sol en utilisant des solutions modernes.

Renforcement des fondations préexistantes

L'une des méthodes consiste à consolider et étayer les fondations existantes en leur ajoutant une masse supplémentaire, en fixant la nouvelle masse aux vieilles fondations au moyen de tenseurs d'acier, de boulons d'ancrage et d'autres types de lien, et en les attachant ensemble afin de créer un système de fondation tel que l'ensemble ne pourra plus se déplacer latéralement. Pour renforcer les fondations d'un mur ancien, on commence par déterminer le poids de la structure (pierres, matériaux de remplissage, etc.) ainsi que la portance du sol des fondations. Si les résultats montrent que la dimension des fondations existantes n'est pas suffisante pour supporter les structures dans des conditions de sécurité réalistes, il faut augmenter la surface des fondations. Les fondations supplémentaires devront être reliées à l'ancienne partie par des barres, des câbles, etc. comme indiqué ci-dessus.

Avant d'entreprendre la consolidation des vieilles fondations, un système complet de renforcement provisoire doit être fait pour conserver la stabilité du mur et de la structure.

Le concept de consolidation et d'étayage des fondations existantes peut consister à ajouter une masse supplémentaire quand il n'y a pas de problème d'affaissement (roche dure). La masse peut alors être construite sur le côté des fondations existantes ; les nouvelles masses sont reliées aux anciennes fondations en utilisant des tendeurs en acier, des boulons d'ancrage ainsi que d'autres types de lien, puis elles sont attachées afin de créer un système de fondation tel que l'ensemble ne pourra plus se déplacer latéralement.

L'action qui consiste à agrandir les fondations est plus efficace lorsque l'on élargit le radier au-delà du bord externe de la construction, car ainsi la pression des charges transférées s'étendra sur une plus grande largeur d'une strate plus profonde et plus résistante du sol. Utiliser un travail à l'épaulée peut représenter la seule solution fiable lorsqu'il n'est pas possible d'arrêter l'affaissement d'une autre manière ; toutefois, cela doit être considéré comme la dernière solution. Celle-ci, quand elle est adoptée avec des fondations superficielles, peut en effet occasionner des problèmes au cours de la phase de perçage, car alors le sol peut s'affaisser pendant les travaux puisque certaines parties sont étayées alors que les autres ne le sont pas et reposent toujours sur le sol déformé.





Utilisation de micro pieux pour consolider les fondations de monuments historiques

Lorsque le sous-sol a une capacité de portance insuffisante et/ou que le terrain plus résistant est situé à une profondeur importante, on peut utiliser des pilotis, des pieux, des micros pieux ou des fondations profondes pour renforcer la stabilité. Une autre solution consiste à utiliser une technique moderne pour consolider les vieilles structures.

L'utilisation des micros pieux constitue l'un des segments de plus en plus répandus dans les fondations profondes de nos jours. Aussi connues sous le nom de *pin piles* ou de mini-piles, les micro pieux sont de petit diamètre, en forme de tuyaux d'une grande capacité. Ils sont tout à fait indiqués en courtes longueurs filetées et installées grâce à différentes techniques de forage.

L'addition de mortier et de barres filetées renforce le pieux pour la résistance latérale, les charges de traction ainsi que de compression. Les micros pieux peuvent remplacer les piles conventionnelles dans la plupart des circonstances, et elles sont tout particulièrement économiques là où il y a des conditions de sol difficiles (dans les conditions de sols de rochers ou comportant des cavités) ou lorsque l'accès ou encore l'espace de travail est difficile ou limité, comme cela peut se produire dans les remises en état des bâtiments à la suite de tremblements de terre. Les micros pieux sont posés tout à fait comme des tirants ou des « clous de sol », en utilisant des plateformes de forage rotatif ou à percussion. Du fait de leur petite taille, une grande variété de techniques de forage peuvent être employées plus économiquement, ce qui rend leur utilisation si attrayante : trépans de forage, tiges à percussion, *down-the-hole-hammer, hollow grouting drill* (Titan), etc. Les micros pieux sont largement acceptés par les ingénieurs et les concepteurs qui remplacent actuellement les pilotis traditionnels par des micros pieux, au bénéfice des propriétaires.

Renforcement du sol en utilisant des solutions modernes

(Exemple du complexe Qalawoon)

Du fait de l'élévation du niveau de l'eau souterraine, celle-ci se déplace continuellement et emporte avec elle les particules du sol, ce qui entraîne la création de nombreux trous ou cavités dans le sol, qui entraînent à leur tour un comportement hétérogène du sol.

Pour avoir un sol consolidé avec une bonne capacité de portance et une section homogène, il faut mettre en place un système d'écoulement fixant aussi le niveau des eaux souterraines afin de stopper les courants.

Ensuite, le processus d'injection du terrain prend place, tout d'abord en forant le sol aux niveaux spécifiés puis en insérant une tuyauterie à soupape qui permettra d'injecter le matériau de cimentation à une pression qui n'excédera pas deux bars.

Le sol est injecté avec un mélange constitué de 1 partie de ciment, pour 4 parties d'eau et 0,50 partie de bentonite. Après une période de 24 heures, une injection finale peut être faite avec un taux de ciment supérieur ainsi que des additifs Complast 431 pour donner un coulis plastifié qui permettra d'obtenir un sol ayant la capacité de portance requise.





Aspects technologiques et structuraux dans la conservation de la vieille ville d'Acre

Ofer COHEN
Ingénieur
Autorité des Antiquités d'Israël, Israël

Yael F. NA'AMAN
Architecte
Département de la Conservation de l'Autorité des Antiquités d'Israël, Israël

Cet article traite des aspects technologiques et structuraux de la conservation de vestiges de bâtiments de la vieille ville d'Acre (Akko en hébreu). Le concept de base est la conservation authentique au moyen de la préservation des matériaux et des façades d'origine sans déranger la vie quotidienne dans la ville. L'information qui est présentée ci-dessous provient des études d'ingénierie physique qui ont été menées dans la ville au cours de la dernière décennie.



La vieille ville d'Acre (Israël)

Le délabrement des constructions et la dégradation matérielle

Le délabrement est l'état dans lequel le bâtiment a partiellement ou complètement perdu sa capacité de portance et qu'il est susceptible de s'effondrer partiellement ou entièrement. Le délabrement est habituellement marqué par des causes telles que des fissures, des écroulements, des écrasements, des effritements ainsi que la perte ou la déformation d'éléments. La dégradation est la détérioration ainsi que l'érosion des matériaux, condition qui mène habituellement à la réduction de leur résistance et à l'augmentation de leur fragilité et de leur porosité. Le processus par lequel les matériaux sont perdus provient de l'action physique et chimique, et cela commence en général par l'extérieur et se propage ensuite vers l'intérieur.

Les mécanismes de délabrement et de dégradation sont déterminés par un certain nombre de facteurs : l'absence d'entretien correct, l'absence de connaissances scientifiques *ad hoc*, l'utilisation d'une construction au-delà de ce que l'on peut en attendre, les imperfections de la conception originale et l'introduction de nouveaux éléments qui n'avaient pas été prévus à l'origine. Tous ces facteurs mènent à une réduction de la force structurale, en d'autres termes à la réduction de la capacité de portance, parallèlement à l'augmentation des effets des actions impliquées. Trois facteurs concourent ici : le type d'action, la qualité des matériaux et le type de structure. L'action impliquée peut être une sorte d'action mécanique dynamique ou statique, ou une action physico-chimique liée à l'atmosphère et à l'environnement. La résistance des matériaux est affectée par le climat et l'érosion du fait de processus physico-chimiques. La dégradation est liée aux éléments de l'environnement naturel tels que l'humidité, la pluie, les fluctuations de température ; et à des facteurs tels que la circulation (automobile), la pollution et le manque d'entretien qui accélèrent aussi les processus naturels. La dégradation peut être chimique, physique ou biologique et elle est en rapport avec les facteurs environnementaux, avec les caractéristiques des matériaux de construction et avec les éléments spécifiques qui protègent les bâtiments (par exemple les toitures et les canalisations d'écoulement). Le comportement structurel dépend pour l'essentiel du type de matériaux utilisés, de la forme et de la taille de la structure, des connexions entre les éléments ainsi que des conditions environnementales qui entourent le bâtiment. Le délabrement est causé par une augmentation de l'action mécanique et une réduction de l'efficacité structurale, que ce soit à cause de phénomènes naturels ou comme résultat d'une action causée par l'homme. Lorsque tous ces événements se produisent sans contrôle soigneux, ils peuvent avoir un impact négatif sur le bâtiment (Croci 1998 : p. 41-46).

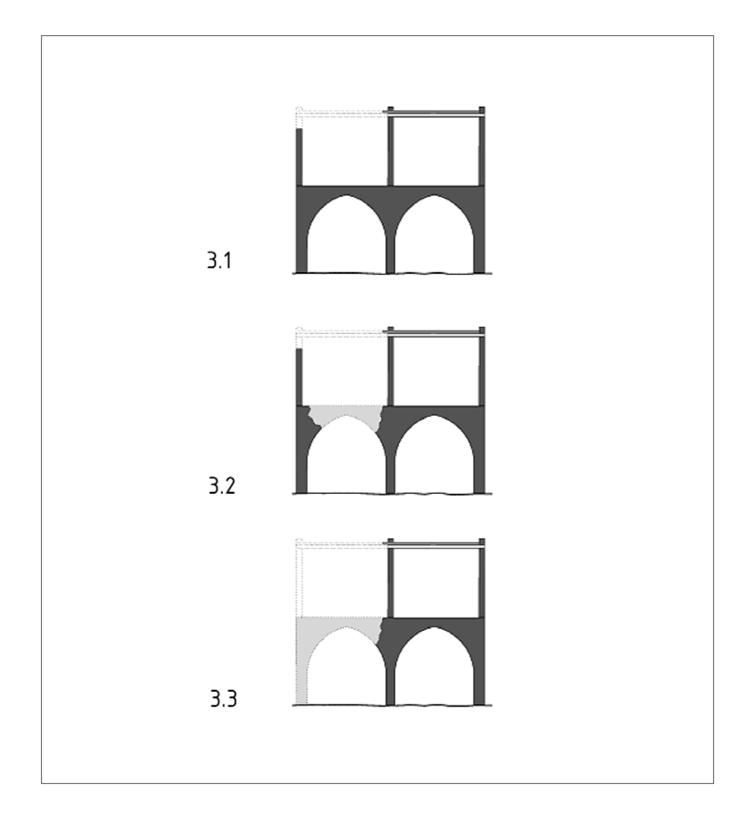
La vieille ville d'Acre a été construite avec des maçonneries de pierres de grès dunaire appelées *kurkar* (murs et voûtes) solidement maintenues entre elles par des matériaux de liaisonnement à base de chaux, et du bois qui était utilisé dans la toiture, ainsi que les portes et les fenêtres. D'autres matériaux étaient aussi utilisés comme par exemple du calcaire dur (pour les degrés du porte-à-faux, le dallage dans les espaces publics, les ouvertures des fenêtres ainsi que les éléments de décoration) et du

marbre. Dans les périodes récentes, des matériaux tels que des pavements de granito et du béton peint, des poutres d'acier, des tuiles de Marseille et, bien évidemment, du béton ont été utilisés. Ces dernières années, nous avons été les témoins de l'utilisation d'une grande variété de matériaux modernes, parmi lesquels des revêtements, du placoplâtre, de l'aluminium et de la céramique.
Les problèmes structuraux les plus communs de la vieille ville sont concentrés dans les murs, les voûtes ainsi que les plafonds des constructions. Chacun de ceux-ci est caractérisé par des problèmes qui ont leur origine dans les techniques de construction, la qualité des matériaux de construction, les facteurs de destruction de la construction ainsi que les facteurs de dégradation des matériaux.

La caractéristique des processus de désintégration de la construction

Deux facteurs sont en train de détruire les bâtiments dans la vieille ville d'Acre : (1) la dégradation des matériaux due à l'érosion qui est la conséquence de processus naturels ; et (2) le délabrement suite à l'intervention humaine. Le processus naturel de la dégradation des matériaux est influencé par un niveau d'humidité et de moisissure tout particulièrement élevé, de même que par la cristallisation du sel, les propriétés de l'air, les caractéristiques du terrain, l'eau (les précipitations et la proximité de la mer), la température et l'intervention humaine avec un entretien impropre.
Le délabrement causé par l'intervention directe de l'homme est un lieu commun, par exemple : les actions de rénovation dans lesquelles des matériaux mal adaptés ont été utilisés ; le démantèlement de parties de la construction pour adapter l'espace construit aux besoins de l'usager ou dans le but de nettoyer une zone nécessaire pour une nouvelle construction, ou encore afin de créer de nouveaux itinéraires d'accès ou d'améliorer ceux qui existaient ; le démantèlement d'une partie d'une structure afin de la mettre en usage secondaire dans un autre endroit ; ou le démantèlement dans le but d'écarter un danger immédiat.
Un schéma du processus de désintégration des bâtiments comprend la dégradation prolongée des solives des plafonds au dernier étage jusqu'à leur effondrement, le processus accéléré d'écroulement des murs aussi au dernier étage et des voûtes au rez-de-chaussée ainsi que la désintégration continue des murs extérieurs du bâtiment.

1. Dans le sillage de l'effondrement d'un plafond de bois au dernier étage, les murs demeurent debout, hauts et fins par rapport à l'environnement immédiat.
   Le danger dans cette situation est que la stabilité des murs soit à son tour minée, ce qui aurait pour conséquence la chute de pierres ou l'effondrement de tronçons du mur.
   La solution dans ce cas consiste à stabiliser les vestiges en créant un élément plat sur le haut des murs et/ou un support ancré dans la voûte.
2. L'effondrement du plafond de bois au dernier étage et de la voûte au rez-de-chaussée, et la désintégration partielle des murs.
   Dans ce cas, les vestiges des murs apparaissent élevés par rapport à leur environnement immédiat et les vestiges des voûtes sont instables.
   La solution à cela consiste à restaurer la fonction spatiale au rez-de-chaussée et/ou à soutenir les vestiges sur le sol ou sur



Les problèmes structuraux.



Désordres aux murs.

une structure adjacente.
L'effondrement du plafond de bois au dernier étage et de la voûte au rez-de-chaussée, et la désintégration des murs extérieurs.
Dans cette situation, une sorte de moignon protubérant demeure, et ce vestige n'est pas stabilisé par la voûte. La solution requiert la stabilisation du vestige de la voûte ou l'écartement contrôlé des parties dangereuses.

Le schéma de désintégration décrit ci-dessus est aussi valable dans les bâtiments de trois étages dans lesquels il y a deux plafonds de bois soutenus au-dessus d'un étage voûté.
Le facteur le plus significatif et le plus commun dans les processus de désintégration dans la ville est l'inclinaison des murs, en d'autres termes leur déplacement par rapport à la verticale. On peut dire que tous les cas de désintégration des bâtiments dans la vieille ville d'Acre proviennent de l'absence d'un entretien adapté ou bien qu'ils sont le résultat du délabrement physique. Ces facteurs sont la cause d'une réaction en chaîne de délabrement et de dégradation prolongés ainsi que d'une constante détérioration des conditions physiques du bâtiment.

Les murs à double face

La plupart des murs au rez-de-chaussée à Acre sont construits de deux rangées de pierres avec un fourrage de *debesh* entre les deux. La construction a été effectuée en rangées horizontales : tout d'abord, une rangée de pierres des faces externes du mur était posée et l'espace entre elles était rempli de debesh, puis la deuxième rangée de pierres était posée et ainsi de suite, une rangée sur l'autre. Les faces externes des murs ont été construites de maçonnerie de pierres taillées *kurkar* mais les réparations ont été faites avec des pierres qui n'étaient pas taillées. Le cœur des murs consistait en un fourrage de petites pierres et de matériaux de liaisonnement. Dans la construction de la ville, un grand usage a été fait de deux types de matériau de liaisonnement, l'un à base de chaux et l'autre à base de terre.

La plupart des murs ont 80 à 120 centimètres d'épaisseur. Leur première fonction est de supporter le poids des étages voûtés et de diriger les charges des murs hauts (larges de l'épaisseur d'une pierre) des étages supérieurs. L'impression initiale que l'on a quand on regarde les murs, c'est qu'ils sont homogènes. Toutefois, lorsque l'on observe le matériau de liaisonnement qui s'effrite dans des zones où le vide du mur a été endommagé ou dans les cas de dégradation, une image différente est révélée : le matériau de construction des murs de même que la masse de la construction sont en train de subir un processus de désintégration. On peut classer les murs de la vieille ville d'Acre en quatre catégories :

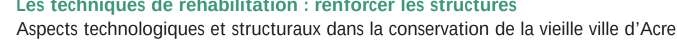
Type 1. Construction régulière utilisant des pierres qui ont cinq faces taillées. La hauteur de la pierre et l'assise sont de 45 centimètres, les pierres ont de 50 à 100 centimètres de longueur et la largeur du joint entre deux rangées de pierres est de 5 à 10 millimètres. En général, on peut dire que la qualité de ce type de mur est tout à fait bonne.
Type 2. Construction régulière utilisant des pierres qui ont cinq faces taillées. La hauteur de la pierre et l'assise sont de 18 à 37 centimètres, les pierres ont de 18 à 45 centimètres de longueur et la largeur du joint entre deux rangées de pierres est de 5 à 10 millimètres. La qualité du mur est habituellement bonne.
Type 3. Construction régulière utilisant des pierres grossièrement taillées. La hauteur de la pierre et l'assise sont de 23 à 40 centimètres, les pierres ont de 18 à 60 centimètres de longueur et la largeur du joint entre deux rangées de pierres est de 5 à 10 millimètres. En général, on peut dire que la qualité de ce type de mur est moyenne.
Type 4. Construction irrégulière utilisant des moellons. La taille et la forme des pierres varient et l'assise n'est pas de longueur uniforme. La largeur des joints n'est pas uniforme non plus et les joints verticaux s'étendent fréquemment sur plus d'une rangée. La qualité de ce type de mur est faible. Les murs tels que ceux-ci sont principalement des murs de réparation ou des murs de soutènement.

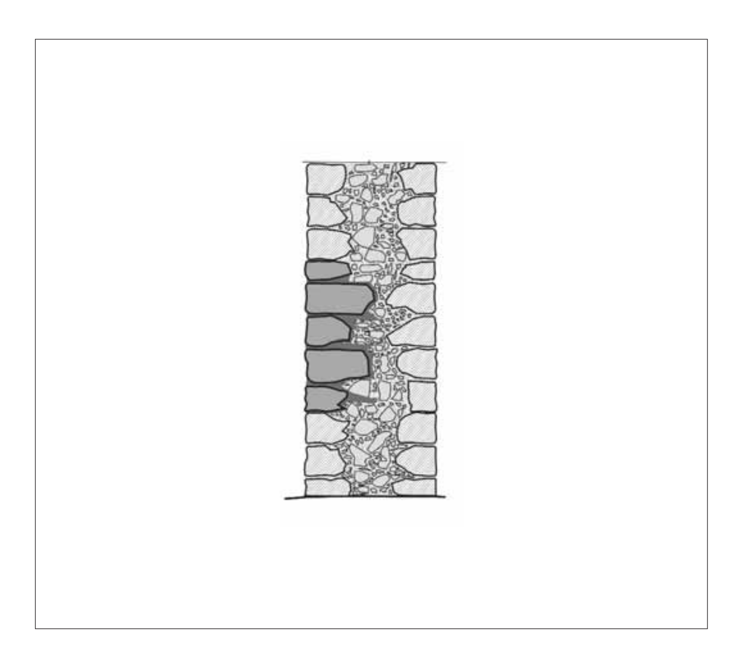
La plupart des problèmes structuraux des murs impliquent : la perte de pierres dans les surfaces externes des murs ; des défauts structuraux dans les surfaces externes ; des fissures ; des défauts dans le plan du mur qui sont principalement caractérisés par des glissements horizontaux, des vides dans le cœur du mur ou des pertes de matériaux de liaisonnement à l'intérieur du mur. Ces problèmes sont causés par l'utilisation de matériaux de qualité inférieure, l'absence de finition correcte de la partie supérieure des murs, des infiltrations d'eau, l'effritement des matériaux de liaisonnement, le délabrement mécanique de même que l'usure et l'érosion du cœur des murs menant à la formation de vides à l'intérieur. L'usure se produit fréquemment lorsque les matériaux de liaisonnement s'effritent petit à petit et partent par les fissures et les joints. En outre, on doit ajouter à ce tableau l'absence d'entretien actuel qui accélère les processus de vieillissement naturel.

La perte de pierres

Un certain nombre de facteurs entraînent une absence de pierres de la surface externe du mur :

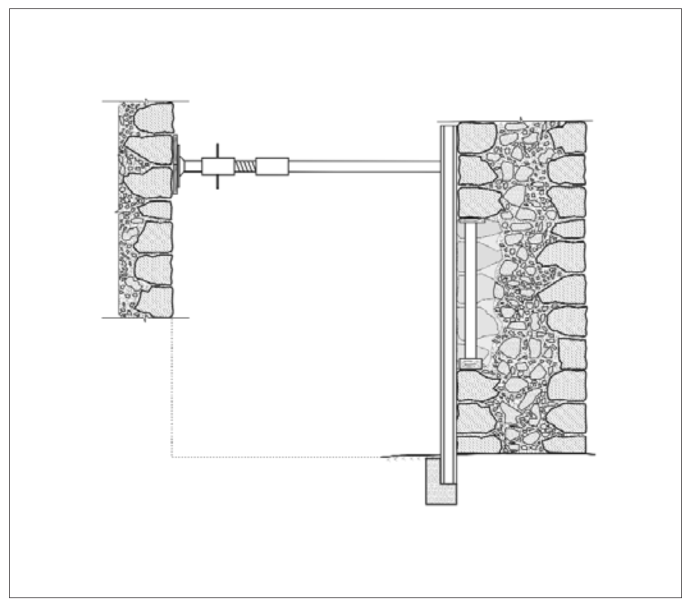
1. Le délabrement mécanique direct d'une ou de plusieurs pierres qui entraîne la perte de celles-ci. Un tel délabrement a en général pour résultat que d'autres pierres tombent aussi du mur. Une ou plusieurs pierres souffrant d'une usure intense





Restauration de la stabilité locale par la construction d'une maçonnerie de pierres.





Restauration de la stabilité extensive par l'utilisation de supports.

feront qu'une ou plusieurs autres pierres tomberont de la rangée supérieure. Ce processus ne s'arrêtera que lorsque la zone délabrée sera stabilisée.

2. Une mauvaise qualité de construction du mur. Dans ce cas, la surface interne qui est en contact entre les différentes rangées est plutôt fine, la profondeur des pierres est insuffisante et elles ne sont pas suffisamment ancrées dans le mur. De ce fait, une pression minimum entraînera le détachement d'une ou plusieurs pierres et leur chute.
3. L'effondrement d'une partie de la surface externe du mur suite à la déformation causée par la dilatation.
4. Le déplacement du mur ou d'une partition perpendiculaire au mur entraînera le délabrement de la totalité du mur, la perte de pierres et une dégradation accélérée.

L'objectif lorsque l'on traite le problème des pierres manquantes consiste à restaurer la capacité de portance d'origine du mur, à intégrer la surface externe comme partie inséparable du mur, et à rénover le système constructif d'origine.

Des solutions possibles dans ce cas peuvent être les suivantes : (1) une restauration limitée permettant d'obtenir une relative stabilité dans la région ; (2) une restauration plus extensive de la stabilité par l'utilisation de supports. La stabilisation en complétant la maçonnerie de pierres est une solution préférable aux effets de la conservation du bâtiment. L'installation de supports est souhaitable comme phase intermédiaire pour le processus de stabilisation ou bien dans des cas dans lesquels la déformation du mur l'exige.

La déformation structurelle

Cet état est caractérisé par une section du mur qui apparaît comme une protubérance par rapport à la ligne originale de la construction. Ce phénomène est le résultat d'un certain nombre de mécanismes de destruction :

Des fissures et/ou des vides à l'intérieur du mur créant un excès de charge sur la surface externe, ce qui entraîne la dilatation suivie de l'effondrement de la même section du mur ;

Le détachement de la surface externe du mur de son centre du fait de l'absence d'une capacité d'adhérence suffisante ;

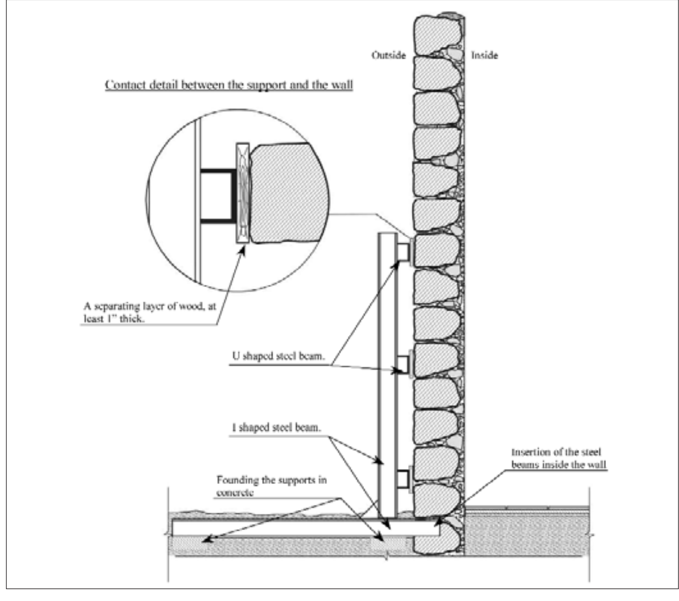
Un processus qui accélère la dilatation est l'effritement des matériaux de liaisonnement et leur chute dans l'espace situé entre le cœur du mur et la surface externe. Dans cette situation, le matériau de liaisonnement agit comme un accélérateur du processus de déformation.

L'objectif dans cette situation, comme dans la précédente, consiste à restaurer la capacité originale de portance du mur, à rattacher la surface externe du mur et à rénover le système statique original.

Possibles solutions : remplir les vides dans le centre du mur (injection de ciment) et rejointoyer, et installer des ancrages, ou bien démanteler la section de mur affectée afin de la reconstruire.

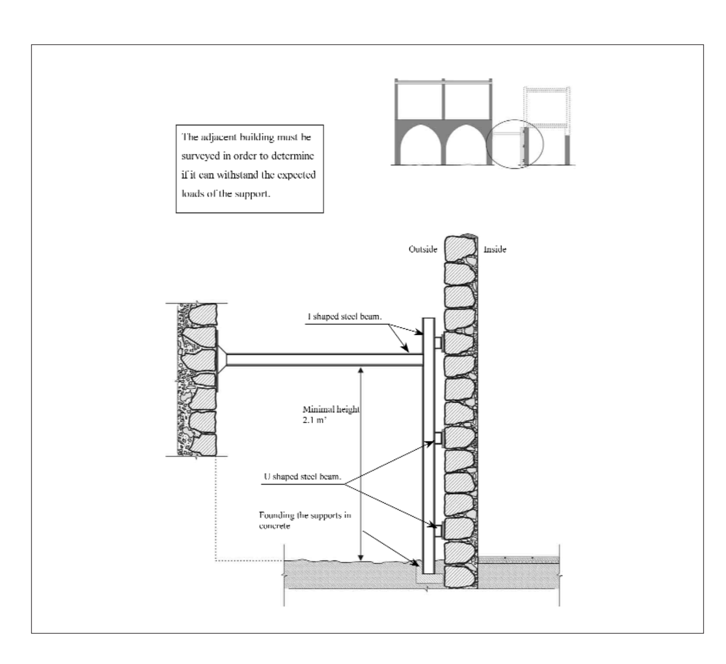
Les vestiges de bâtiments

La propriété qui différencie les vestiges de bâtiments des vestiges de murs est la possibilité de restaurer leur fonction spatio-structurelle. Un certain nombre de combinaisons de facteurs mènent le bâtiment à un état où il sera défini comme un vestige, par exemple : l'effondrement d'un plafond voûté dû à diverses raisons telles qu'un excès de charge ;





Support sur le sol – de l'un des côtés
(détail – couche de séparation).



Support d'une structure adjacente.

l'affaiblissement de la stabilité d'un mur par rapport à la pression latérale des voûtes ; une mauvaise mise en œuvre ; l'effondrement de l'un des murs porteurs ; l'effondrement d'un plafond de bois dû à des raisons diverses telles que l'usure naturelle ; des problèmes de moisissure concernant des poutres de bois ; un excès de charge ; la déformation d'un mur ; ou des interventions humaines telles que l'ouverture de nouveaux accès ; ou encore le déplacement d'un espace pour le bien d'une nouvelle structure. Dans toutes ces situations, l'usure accélérée du plafond ou des murs est apparente avant même l'effondrement.

L'objectif dans cette situation est de stabiliser les différents éléments structuraux et, dans la mesure du possible, de restaurer leur fonction spatiale. Dans les bâtiments qui ne sont que légèrement délabrés, il est préférable de restaurer la fonction spatiale au moyen de la reconstruction d'un plafond utilisant une technologie traditionnelle tout en replaçant, parallèlement, les pierres manquantes. En réalité, les vestiges de bâtiment dans un état avancé de destruction ne subissent pas actuellement de processus de conservation dans la vieille ville d'Acre et ils sont soit détruits intentionnellement soit négligés.

Les vestiges de murs

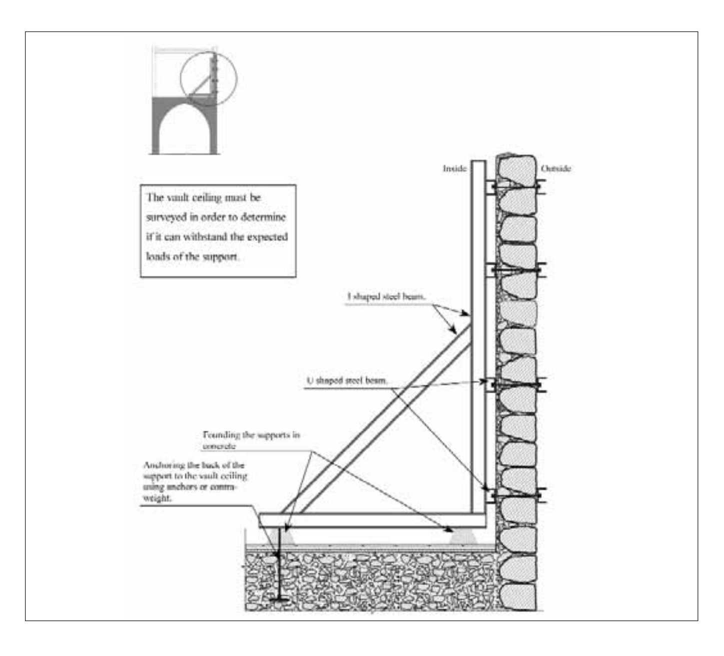
Cet aspect comprend des murs de diverses hauteurs et de diverses largeurs souffrant de différents degrés de délabrement, sans la moindre possibilité de restauration de leur fonction spatiale. Un certain nombre de facteurs ou une combinaison de facteurs a mené à cette situation.

Un mur qui faisait partie à l'origine d'un bâtiment qui a été détruit et dont il ne reste, de nos jours, aucun vestige du contexte spatial original. La qualité de la construction est un facteur significatif de la condition des murs ; lorsque celle-ci est extrêmement pauvre, on peut constater le déclin accéléré des propriétés constructives de l'élément structural ou du bâtiment dans son ensemble. Un mur qui était construit à l'origine comme un élément unique et dont une partie a été détruite par un processus naturel, tel que l'érosion de la pierre ou du cœur comme résultat du délabrement d'usure, mène à l'effondrement d'une section du mur ; la mauvaise finition de la partie supérieure du mur ou l'absence de garniture intensifie dans ce cas sa sensibilité à l'érosion ainsi que son affaiblissement. En plus de ces éléments, il faut ajouter le facteur humain qui se manifeste par la création de nouvelles approches ou de nouvelles constructions.

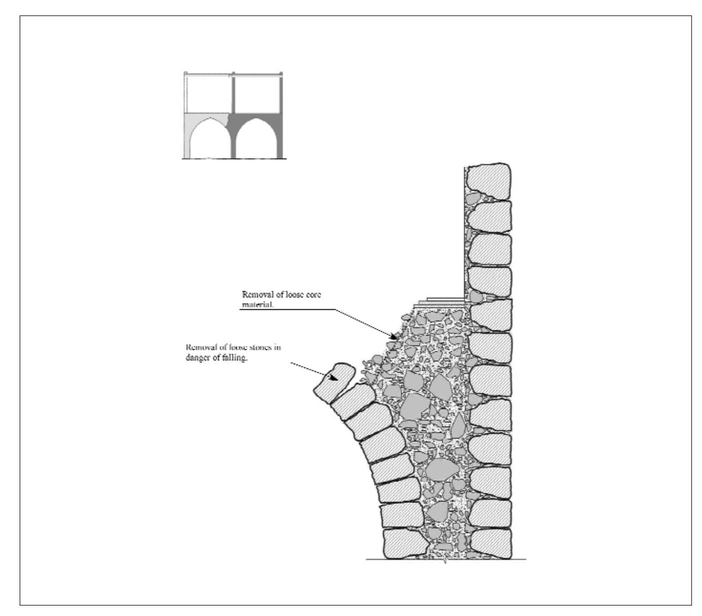
L'objectif dans ces cas-là est de stabiliser le mur, d'écarter tout danger immédiat et de s'assurer que le mur peut supporter les charges comme auparavant.

Les murs bas

Nous comprenons dans cette catégorie les murs qui ne dépassent pas 1,50 mètre au-dessus de leur environnement immédiat et qui ne représentent pas un danger immédiat. Par exemple, un mur de 1 mètre de hauteur situé sur le toit d'un bâtiment peut être considéré comme dangereux parce que sa hauteur au-dessus du sol excède 1,50 mètre. Toutefois, les vestiges d'un mur de moins de 2,50 mètres sont considérés comme stables si la hauteur du mur n'excède pas cinq fois sa largeur quand il est complet structurellement.



Support sur un étage supérieur.



Une section de vestiges de voûte avant sa stabilisation.

Les murs hauts ou les murs qui constituent un danger immédiat

Les vestiges de ces murs sont eux-mêmes hauts (murs fins qui dépassent de 1,50 mètre leur environnement immédiat), ils constituent un danger imminent et ils requièrent un support spatial temporaire ou permanent pendant le cours des travaux de conservation et de rénovation et/ou après ces travaux. Les mesures de conservation dans ces cas-là comprendront la préparation et la stabilisation du mur conformément à ses caractéristiques, en remplissant les fissures ainsi que les vides se trouvant dans la pierre, en réparant la ou les pierres usée(s), en rejointoyant et en vérifiant l'installation des supports.

Dans les murs hauts, les mesures de préparation comprendront la dépose des matériaux non stabilisés de la partie supérieure du mur, des matériaux non stabilisés et affaiblis dans les zones où le plâtre manque à l'intérieur du mur ainsi que des matériaux de liaisonnement non stabilisés des joints sur la partie externe du mur. Les mesures de conservation comprendront la stabilisation et le scellement de la partie supérieure du mur, en remplaçant le matériau de liaisonnement manquant dans les joints et le plâtre lui aussi manquant tout en créant, parallèlement, une surface redressée.

Dans les murs à double face, la préparation comprendra la dépose des pierres branlantes, des matériaux du cœur non stabilisés ainsi que des matériaux de liaisonnement effrités des joints. Les mesures de stabilisation pour ces murs impliquent le remplacement des pierres manquantes et le remplissage derrière elles avec du matériau de liaisonnement, afin de compléter les rangées de pierres dans la mesure où cela est nécessaire, en vérifiant les joints et le scellement de la partie supérieure du mur.

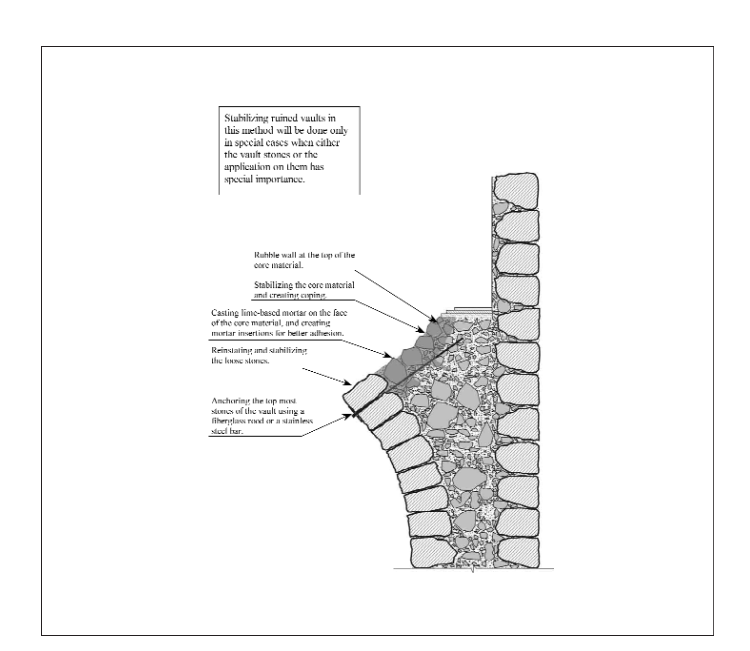
Dans les deux cas, les mesures de conservation sont nécessaires pour le remplacement des pierres érodées, pour le remplissage des vides et des fissures dans la pierre, ainsi que pour la vérification des joints comme faisant partie des mesures de stabilisation du mur.

Le support des murs hauts

Le support des murs hauts est considéré comme une mesure à court terme jusqu'à ce qu'une solution permanente soit adoptée pour stabiliser le mur. En tout cas, l'objectif préféré est une solution spatiale, en d'autres termes une solution qui complète la construction. En règle générale, la conception des supports comprendra la spécification d'une couche de bois séparant les nouveaux matériaux de la pierre.

Restes de voûte

Des sections de voûte et d'arc dans différents états de préservation font partie des vestiges des bâtiments de la ville. Les restes de voûte sont limités en taille, et le phénomène le plus commun est la « survie » du départ de voûte encore relié aux murs des montants dans la partie stable du bâtiment. Dans la plupart des cas, les vestiges de voûte constituent un danger immédiat du fait de leur hauteur et de leur emplacement au-dessus d'un passage. Le danger immédiat est que l'une des pierres tombe dans l'espace situé sous elles. Les mécanismes de destruction qui mènent à cette condition sont l'effondrement de la voûte dû à différentes raisons et/ou



Après le traitement pour stabiliser le cœur et ancrer la pierre du sommet.

interventions humaines, afin d'ouvrir des passages ou récupérer de l'espace pour une nouvelle construction, par exemple.

L'objectif dans ce cas est de stabiliser les vestiges et d'écarter tout danger imminent de chute des pierres et des autres parties de la voûte. Parfois, il est suffisant de stabiliser le centre, mais lorsque l'angle entre la pierre la plus haute de la voûte et la verticale est inférieur à 30°, cette pierre doit être ancrée à un cœur stabilisé, ou inversement elle doit être retirée pour des considérations de sécurité.

Conclusion

Les problèmes structuraux dans la vieille ville d'Acre ont été étudiés de nombreuses fois comme faisant partie des mesures actuellement mises en œuvre par l'Autorité des Antiquités d'Israël dans la ville. Leur analyse ainsi que leur compréhension nous a menés à conclure que, dans de nombreux cas, les racines du problème résident dans une construction de qualité inférieure et dans l'utilisation de matériaux eux aussi de qualité inférieure. Le facteur le plus significatif dans l'état de préservation physique est l'absence à long terme d'un entretien adapté ainsi que l'absence d'une prise de conscience des problèmes. Ce facteur a accéléré l'action des mécanismes de destruction et de la dégradation naturelle qui se produit dans la ville.

Il y a différentes manières de conserver les éléments de construction dans la ville. Choisir un traitement est un stade dans un processus méthodique et structuré qui comprend l'identification du problème, la compréhension des facteurs historiques et actuels ayant un influence sur le site, la formulation d'un concept théorique pour un traitement basé sur une perspective ouverte des aspects rencontrés dans la conservation d'une ville historique, et la planification ainsi que la mise en œuvre des mesures de conservation utilisant les ressources disponibles pour le propriétaire et le conservateur qui travaille en son nom. En plus d'une occasion, un conservateur s'est lui-même trouvé les mains liées par des contraintes budgétaires. Les actions prises dans les immeubles résidentiels de la ville au cours de cette dernière décennie ont été déterminées pour l'essentiel par des ordres de démolition ayant pour origine l'écartement d'un danger et non par une attitude favorable à la conservation de la part des résidents ou un concept global de conservation adopté par la ville. Nous espérons que les choses changeront dans le sillage de la déclaration de la ville en tant que site du patrimoine mondial et l'approbation d'un nouveau plan maître local.

Références

Biscontin G. 1998, *Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage Pact 55*. Grèce.

Brebbia C. A. 1991, *Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings III*. Boston, États-Unis.

Brebbia C. A. 1991, *General Studies 1: Materials and Analysis*. Boston, États-Unis.

Brebbia C. A. 1991, *Dynamics 2: Stabilization and Restoration*. Boston, États-Unis.

Cohen O. 2000, *General Structural Detailing for Characteristic Problems in Stone Masonry in the Old City of Acre*, thèse de maîtrise, Katholieke Universiteit. Leuvne (Université catholique de Louvain), Louvain, Belgique.

Croci G. 1998, *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. Grande-Bretagne.

Feilden B. M. 1982, *Conservation of Historic Buildings*. Londres, Angleterre.

Giuffre A. 1995, *Statics and Dynamics of Historical Masonry Buildings*. Rome, Italie.

Heyman J. 1998, *Structural Analysis: A Historical Approach*. Cambridge, Angleterre.

Heyman J. 1995, *The Stone Skeleton*. Cambridge, Angleterre.

Israel Antiquities Authority (Autorité des Antiquités d'Israël), Conservation Files Archive, Rockefeller Museum, Jérusalem, Israël.

Lombardo S. 1997, *Restauro Strutturale*. Rome, Italie.

Mastrodicasa S. 1978, *Dissesti Statici Delle Strutture Edilizie*. Milan, Italie.

Piccirilli C. 1989, *Consolidamento Critico*. Rome, Italie.

Rocchi P. 1998, *Manuale del Consolidamento*. Rome, Italie.

Shadmon A. 1972, *Stone in Israel*. Jérusalem, Israël.

Tassios T. P. 2000, *Dimensioning of Interventions (Repairs/Strengthening) on Low-Strength Masonry Buildings*. Athènes, Grèce.

Tomazevic M. 1991, *The Strengthening of Stone Masonry Walls with Grouting*. Ljubljana, Slovénie.

Torraca G. 1988, *Porous Building Materials*. ICCROM, Rome, Italie.

Weaver M. E. 1993, *Conserving Buildings*. New York, États-Unis.

Consolidation et traitement des murs. Expériences égyptiennes

Wahid EL-BARBARY
Architecte
Directeur général des Projets de Secteur du Conseil suprême des Antiquités, Égypte

Les murs de maçonnerie en technique traditionnelle sont en général composés de pierres naturelles ou de briques, habituellement maintenues entre elles par un mortier.
Dernièrement, de plus en plus de technologies modernes ont été utilisées pour préserver ou restaurer de vieux murs. Un grand nombre d'institutions et de groupes de travail se chargent du développement et de l'application de nouvelles technologies pour le renforcement des constructions traditionnelles. Lorsque des techniques traditionnelles s'avèrent inadéquates, la consolidation des constructions peut être réalisée par l'utilisation de n'importe quelle technique moderne pour la conservation ou la construction dont l'efficacité aura été prouvée par des données scientifiques et par l'expérience.
L'évaluation des conditions de construction existantes peut faire partie d'une inspection et d'un entretien de routine ou bien elle peut être entamée à la suite de performances non satisfaisantes, de signes de détérioration ou encore de l'identification d'un besoin d'amélioration. La procédure d'évaluation consiste en ce qui suit : investigation et recueil de données sur le site ; identification des sous-systèmes structuraux et non-structuraux du bâtiment ; tests sur le site, tests en laboratoire ; analyse de la structure ; évaluation de la performance sismique des sous-systèmes du bâtiment ; suivi de l'inspection des sous-systèmes accessibles et critiques sur le site ; préparation et délivrance du rapport final.
L'objectif de cette procédure d'évaluation est d'obtenir une compréhension complète de la composition, des conditions ainsi que de l'intégrité de la structure. Pour les structures du patrimoine, la collecte de l'information devrait être à l'origine d'une brève histoire de la structure détaillant la période et les phases de sa construction, ainsi que les dates et les détails des modifications ou des réparations structurales et non-structurales qui ont été effectuées dans la vie de la structure.
La dégradation signifie une situation dans laquelle la structure a réduit ou perdu sa capacité de portance au point d'arriver, dans des conditions extrêmes, à la rupture et à l'effondrement. Cette situation est habituellement caractérisée par des fissures, des écrasements, des détachements, des déformations permanentes ou des inclinaisons par rapport à la verticale. La détérioration ou le délabrement est une altération physico-chimique des propriétés des matériaux qui induit habituellement une réduction de la résistance, une augmentation de la fragilité et de la porosité, une perte de matériaux, commençant en général par la surface externe et se poursuivant vers l'intérieur.



L'origine des dommages et de la détérioration peut être mise en rapport avec un ou plusieurs des facteurs présentés ci-dessous :

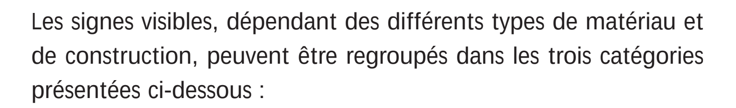
- Les risques provenant de la conception originale de la construction ;
- Les traditions quant à la construction et aux matériaux en fonction de l'époque de la construction ;
- L'utilisation de la construction au-delà de la moyenne d'âge estimée ;
- Les erreurs et imperfections de la conception originale ;
- L'intervention de nouveaux facteurs environnementaux et sociaux.

La structure représente la partie conceptuelle de la construction qui, d'une part, transforme les actions en contraintes et, d'autre part, apporte la force. Le comportement structural dépend principalement des caractéristiques matérielles, des dimensions, des connections entre les différents éléments et des conditions des limites.
L'examen des typologies de dégradation est très important étant donné que les déformations et les types de fissure, entre autres, sont en rapport strict avec le comportement structural et avec les actions qui les causent.









Les signes visibles, dépendant des différents types de matériau et de construction, peuvent être regroupés dans les trois catégories présentées ci-dessous :

- Fissures dans les matériaux qui ne résistent pas aux contraintes élastiques. Ce signe est le plus fréquent dans les maçonneries qui ont une très faible résistance à la tension ;
- Écrasement d'éléments compressés. Ce phénomène est aussi beaucoup plus dangereux que le précédent, même s'il est moins fréquent ; on le repère surtout dans les maçonneries. L'écrasement est caractérisé, selon le type de matériau, par le gonflement, le détachement de particules, l'effritement, etc. Dans la phase initiale, des microfissures parallèles à la direction de la contrainte apparaissent.
- Les déformations permanentes. Ce phénomène est tout particulièrement en rapport avec l'effet de la flexion induite par les charges excentriques ainsi que par les poussées horizontales (arcs ou autres éléments similaires) ; en outre, une composante importante peut être en rapport avec les déformations du sol des fondations. Dans les maçonneries épaisses des phénomènes de gauchissement peuvent apparaître du fait de la faiblesse des connections entre les feuilles externes et les noyaux internes. Une situation limite peut être atteinte quand se produit subitement un fléchissement latéral, ce qui est un phénomène particulièrement dangereux dans les éléments élancés.





L'observation, la connaissance de l'histoire et l'interprétation des calculs de structure (en ce qui concerne les actions possibles et l'analyse des modèles de fissures qui s'ensuivent), de même que les résultats des investigations et des systèmes de surveillance fournissent les outils nécessaires pour comprendre et interpréter de la meilleure manière possible les phénomènes qui se produisent. Toutefois, comme en médecine, un diagnostic correct et complet ne peut être obtenu que si tout est combiné avec l'intuition, l'expérience et la capacité individuelles.

L'examen de quelques cas et d'exemples aidera à mieux comprendre ce processus et à choisir le traitement adéquat entre : l'utilisation des techniques traditionnelles pour le renforcement des murs et la remise en place des parties des murs qui ont été détériorées ou qui se sont effondrées ; ou bien l'utilisation de nouvelles techniques pour le traitement des fissures et la consolidation des murs en faisant une injection de matériaux traditionnels à l'intérieur des éléments qui ont été affaiblis par la perte des matériaux de liaisonnement ; ou encore l'utilisation de tirants ou d'autres systèmes matériels pour connecter les murs entre eux ; etc.

Dans tous les cas, la prise de décision dépendra de l'analyse des résultats de l'investigation. Ceux-ci, en effet, permettront de comprendre et de quantifier l'ampleur ainsi que les causes du problème, de même que les autres déficiences qui en découlent. Par ailleurs, cette analyse aidera à établir l'urgence de la mise en œuvre du travail de restauration. Le type de travail qui aura été décidé pour remédier au problème sera la plupart du temps affecté par les conditions uniques de bâtiment particulier. Au-delà d'assurer la capacité structurale essentielle ainsi que la correction des autres problèmes qui impliquent des risques pour la sécurité immédiate, le détail des mesures est souvent significativement influencé par des considérations financières. En général, le processus d'évaluation et de diagnose mènera à l'une des actions ci-dessous :

- Non réhabilitation. La sécurité et les performances du bâtiment sont adéquates et, avec un entretien régulier et peut-être une amélioration cosmétique, ses performances devraient être satisfaisantes ou, au moins, acceptables pour une certaine période de temps.
- Une réhabilitation est nécessaire. Les problèmes de sécurité et d'utilisation sont suffisamment graves pour qu'une réparation ou une amélioration soit nécessaire, ou bien que celle-ci puisse être mieux réalisée de manière efficace à ce moment précis.
- La restauration n'est pas faisable. Les coûts de restauration dépassent les bénéfices que l'on pourrait en tirer, et une démolition du bâtiment est recommandée ou, s'il n'y a pas de risques pour la sécurité, la structure peut demeurer dans sa condition dégradée.

Exemple : Couture de mur à l'aide d'un système d'ancrage dans un bâtiment monumental. (Complexe Qalawoon)

Du fait des profondes fissures qui se trouvent dans les murs, et pour éviter les techniques de reconstruction afin de régler le problème, la solution est venue du système d'ancrage.

Le système consiste simplement en plusieurs barres d'acier inoxydable, une sorte de chaussette et une injection.

Tout d'abord, il s'agit de faire une bonne étude pour déterminer l'état des murs qui doivent être traités par un système d'ancrage du fait de leur valeur esthétique et historique, en étudiant aussi l'accessibilité pour coudre le mur fissuré et disposer les ancrages.

Après la conception et le calcul, le travail de couture commence par le percement des trous aux diamètres requis et des longueurs spécifiées. Ensuite vient l'introduction des barres d'acier inoxydable dans les « chaussettes », puis l'insertion des deux éléments dans le mur.

Après l'insertion, le processus d'injection du mortier d'ancrage peut être entamé avec une pression qui ne doit pas excéder 2 bars et ce jusqu'à ce que le produit sorte du trou.

L'idée de la « chaussette » est liée au comportement de celle-ci avec le mortier de remplissage : la « chaussette », en effet, épouse la forme de la section interne du mur et se comporte avec le mur comme s'il ne s'agissait que d'un seul et même élément.

Ceci permet de résoudre le problème des ancrages longitudinaux, puis viennent les ancrages de consolidation pour coudre les deux feuilles du mur.

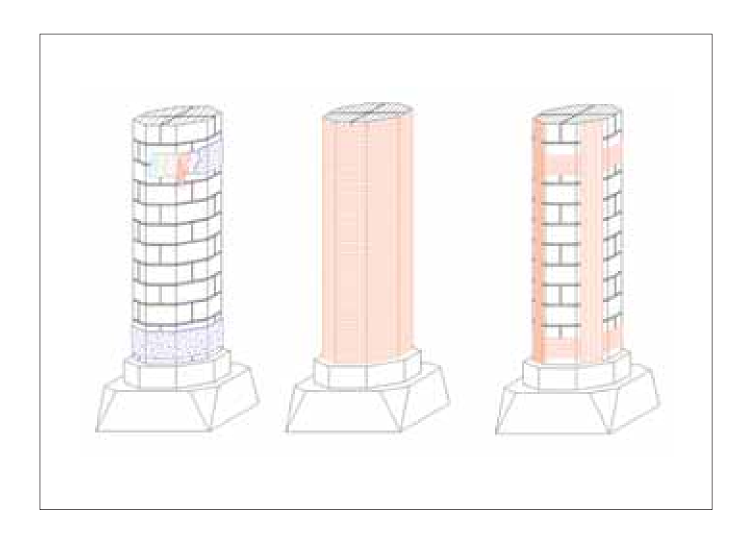
Amélioration du comportement sismique et conservation des caractéristiques structurales

Giambattista De TOMMASI
Ingénieur
Professeur titulaire au Département de Réhabilitation des Bâtiments (Polytechnique de Bari), Italie
Collaborateurs : groupe de travail de recherche (Fabio Fatiguso, Mariella De Fino et Albina Scioti)

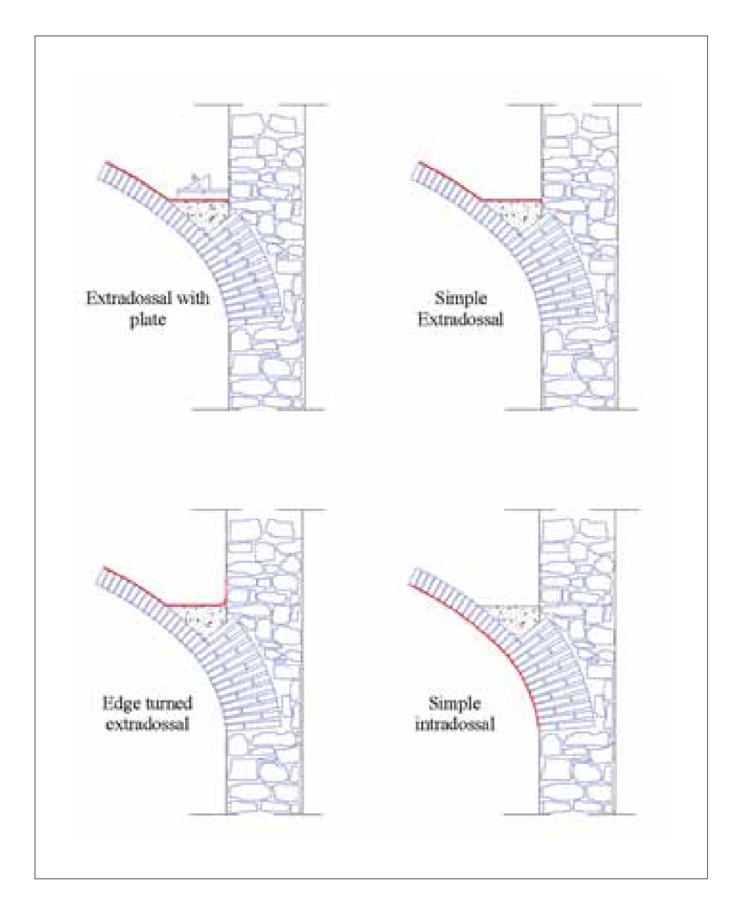
L'amélioration du comportement sismique dans l'architecture traditionnelle peut être poursuivie tout en préservant ses qualités et ses caractéristiques statiques, matérielles et constructives.

Les principes de conservation peuvent être plus facilement appliqués au moyen des techniques traditionnelles qui ont été suggérées par l'architecture historique et les traités anciens. À la lumière du débat scientifique et culturel contemporain, l'amélioration de la résistance globale du bâtiment de cette manière semble être l'approche la plus souhaitable pour préserver dans l'ensemble la conception originale de la maçonnerie. Parallèlement, le bâtiment à lui seul a une configuration statique propre qui ne doit pas être faussée. Une architecture dans laquelle le processus particulier de construction est modifié ne peut être considérée que comme une simple extériorité formaliste. Cette approche peut faire usage d'outils opératoires innovants, concrètement les Codes de pratique, qui spécifient et décrivent en détail les dispositions générales en rapport avec les réalités de la construction locale. Les Codes de pratique, méthodologiquement similaires aux Manuels de réhabilitation, proposent, au-delà d'un ensemble d'outils d'analyses de la vulnérabilité pour le bâtiment concerné, un certain nombre de contrôles, d'exemples de détails structuraux et de solutions pouvant se conformer aux caractéristiques de construction originales du bâtiment. Toutefois, tous ces contenus doivent être interprétés par le professionnel en fonction de la situation spécifique. L'intervention résultante sera certainement adéquate, étant donné qu'elle ne modifiera pas la logique propre (formelle, spatiale, matérielle) du bâtiment existant et qu'elle sera congruente avec la logique modale (en d'autres termes, le processus) qu'elle poursuit.

En outre, de récents tremblements de terre ont montré que certaines techniques structurelles, fréquemment appliquées au cours de ces dernières décennies, ne sont pas effectives. Par exemple, la reconstruction des toits en béton armé, l'insertion de poutres trop rigides dans la partie supérieure des murs, l'emploi de perforations renforcées plutôt que de tirants de métal, ont souvent causé des dommages plus dramatiques que les éléments d'origine. Cependant, l'emploi de techniques innovatrices ne doit pas être écarté si c'est afin d'obtenir des améliorations sismiques ou de préserver les caractéristiques originales ainsi que le comportement des bâtiments historiques, dans la mesure où les matériaux et les techniques modernes peuvent être plus adéquats et moins intrusifs que les matériaux et les techniques traditionnels. Par exemple, les polymères à fibre renforcée (PFR) présentent des avantages évidents à cet égard : ils utilisent une petite quantité de



Application de polymères de fibre renforcée (PFR) : limitation des éléments comprimés



Renforcements de voûtes à l'aide de PFR

matériau, en termes d'épaisseur et de poids ; ils sont faciles à poser et à retirer ; ils ne modifient pas le comportement original des structures, étant donné qu'ils travaillent après le dépassement de la résistance élastique de l'élément. Toutefois, certains inconvénients doivent être soulignés et de nouvelles recherches sont nécessaires dans ce domaine afin de vérifier le comportement à long terme de ces matériaux et de ces technologies, au-delà des résultats intéressants obtenus sur le moment.

En conséquence, les thèmes développés mettent l'accent sur le fait que l'amélioration du comportement sismique de l'architecture traditionnelle historique doit représenter la synthèse optimum plutôt qu'un simple compromis entre la sécurité et la conservation. L'approche doit mettre l'accent sur la séparation des éléments trop faibles par rapport à ce qu'ils devraient être, la définition des mécanismes défaillants et le projet de conservation, qui a strictement pour but la correction des défauts structuraux. Cependant, apporter au bâtiment des caractéristiques de résistance sismique correctes, dans la plupart des cas en assurant le comportement de la « boîte », est le résultat global attendu. En ce qui concerne les techniques structurales dans la zone méditerranéenne, certains chantiers spécifiques de restauration peuvent servir d'exemples dans la mesure où ils sont capables d'assurer une bonne qualité statique d'ensemble. Pour l'essentiel, ils assurent les caractéristiques des murs ainsi que les connexions entre les murs porteurs et les autres, de même qu'avec les planchers. Ils utilisent aussi bien des solutions traditionnelles que, si cela s'avère nécessaire, des matériaux et des techniques nouveaux pour accroître les caractéristiques structurales et statiques du bâtiment ainsi que pour répondre aux conditions de sécurité imposées par la culture moderne.

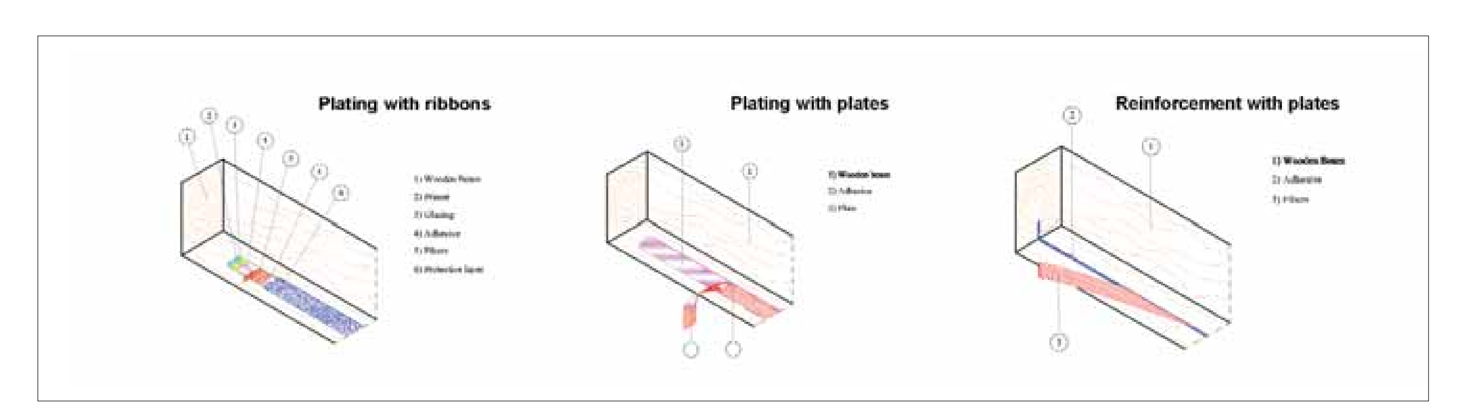
En synthèse, parmi les solutions traditionnelles, on rencontre :

- la restauration de la continuité de la texture du mur, par des réparations localisées et/ou des techniques de type « découdre-coudre » ;
- l'amélioration de la résistance des panneaux de maçonnerie aux contraintes horizontales par la régénération des cavités avec des mélanges liants compatibles et efficaces ;
- l'élimination/réduction des faiblesses de la maçonnerie locale. La fermeture complète des conduits de cheminée et des niches dans ce but est permise dans la mesure où c'est strictement nécessaire et où cela ne modifie pas les caractéristiques formelles et structurales du bâtiment ;
- l'amélioration de la résistance sismique des renflements verticaux, des corniches ainsi que des autres éléments secondaires par la pose de tirants et d'ancrages de métal ou de matériau composite ;
- le renforcement des planchers de bois par le recouvrement par un nouveau plancher et l'application de connexions d'acier croisées et transversales.

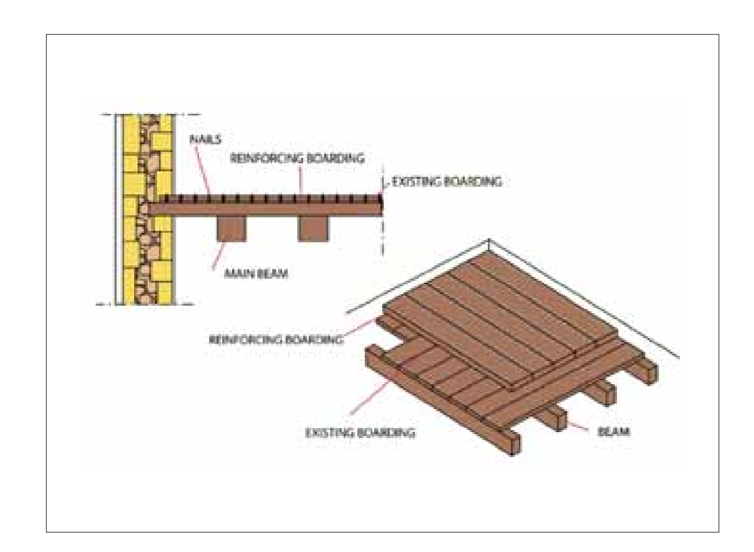
Parmi les technologies innovatrices, on rencontre :

- l'amélioration des connexions entre les éléments verticaux et les planchers par des ancrages à l'aide de crampons métalliques ou de barres d'acier entre les poutres individuelles et les murs ;
- l'élimination/réduction de la déviation des arcs par des chaînes de métal ou de fibre de carbone renforcée ;
- la connexion de la partie supérieure par du béton armé, ou par des bandeaux de maçonnerie armée, ou encore par des chaînages de fibre de carbone renforcée afin de réduire la possible déviation du toit, de distribuer les contraintes horizontales induites et de joindre les murs ;
- l'amélioration des connexions entre les murs par des chaînes de métal et des perforations renforcées locales ;
- la réduction des charges de structure, tout spécialement dans la partie supérieure des étages, par le remplacement d'éléments lourds et rigides (par exemple, les toits en béton armé réalisés à la place des toits d'origine en bois).

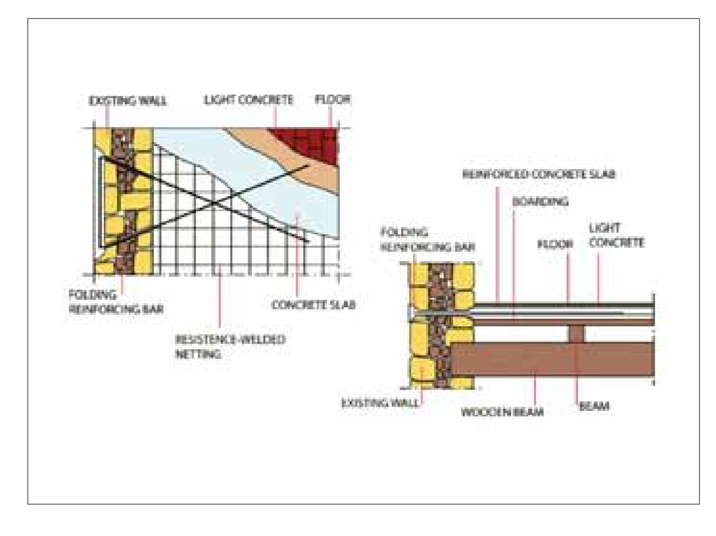
8



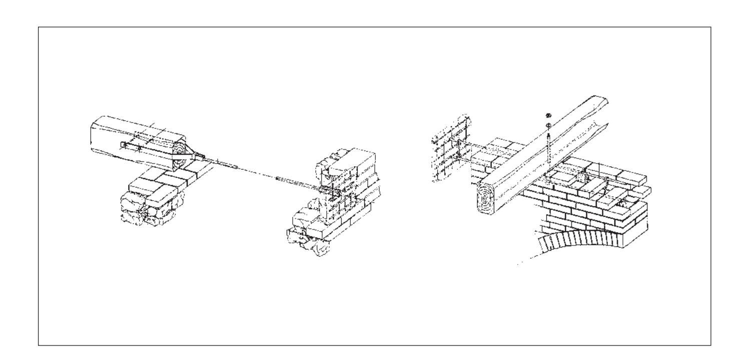
Renforcement de PFR pour des poutres de bois
afin d'augmenter leur capacité porteuse



Amélioration de la capacité porteuse d'un plancher de bois (en utilisant des éléments de renfort)



Amélioration de la capacité porteuse d'un plancher de bois (en utilisant une plaque de béton armé connectée au mur)



Amélioration des connexions entre les éléments verticaux et les planchers par des ancrages de tirants métalliques

Par contre, toutes les solutions qui modifient le comportement statique du bâtiment ou ses valeurs ou encore la distribution des charges doivent être évitées. Tout particulièrement, l'augmentation des charges permanentes (par des planchers ou des toits trop lourds et trop rigides pour les murs se trouvant en-dessous), le déplacement de séparateurs de renforcement de cavités pour loger des ascenseurs ou des cages d'escalier, la pose de nouveaux planchers après la démolition partielle ou encore l'ouverture de brèches, l'affaiblissement de maçonneries, doivent tous être considérés comme étant très dangereux.
En vérité, des travaux de ce type ont été largement effectués encore tout récemment, souvent sans le moindre contrôle ou bien par des opérateurs n'étant pas au courant des caractéristiques distinctes des structures. En conséquence, des risques tout à fait dramatiques ont été introduits, tout particulièrement dans le cas des reconstructions après des tremblements de terre. La transformation ou même la démolition de ces travaux seraient nécessaires dans le cadre d'une restauration moderne et consciente, et cela entraînerait sans le moindre doute des avantages techniques qui compenseraient largement les coûts.

Références

Abrams, D. P. (1992), « Strength and behaviour of unreinforced masonry elements », *Proceedings of the tenth World Conference on earthquake engineering*, A. A. Balkema, vol. VI : 3475-3480.

Batoli G., Blasi C. (1997), « Masonry structures, historical buildings and monuments », chapitre 11 de *Computer analysis and design of earthquake resistant structures – A handbook* (Advances in earthquake engineering, vol. 3), édité par D. E. Beskos & S. A. Anagnostopoulos, Computational Mechanics Publications, p. 563-606.

Carocci C. (2001), « Guidelines for the safety and preservation of historical centres in seismic area », *III International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions*, Université de Minho, Guimarães (Portugal), du 7 au 9 novembre 2001, p. 145-165.

De Tommasi G., Monaco P., Vitone C., (2003), « A first approach to the load path method on masonry structure behaviour », in Brebbia, C. A. (Éds.), *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture VIII*, Wessex Institute of Technology, WIT Press, Southampton (Royaume-Uni), ISBN : 1.85312.968.2.

Giuffrè A., Carocci C. (1996), « Vulnerability and mitigation in historical centres in seismic areas. Criteria for the formulation of a Practice Code », *Proceedings of the 11th World Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco, Elsevier Science Ltd.

Giuffrè A., Carocci C. (1997), *Codice di pratica: per la conservazione dei Sassi di Matera*, Matera, La Bautta.

Giuffrè A., Carocci C. (1999), *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo* - Laterza, Bari (Italie).

Karaesmen, E., Unay, A. I., Erkay, C., Boyaci, N. (1992), « Seismic behaviour of old masonry structures », *Proceedings of the tenth World Conference on earthquake engineering*, A. A. Balkema, vol. VIII : 4531-4536.

Shrive N. G., Sayed-Ahmed E. Y., Tileman D. (1997), « Creep analysis of clay masonry assemblages », *Canadian Journal of Civil Engineering*, nº 24, p. 367-379.

Renforcement des structures traditionnelles algériennes au séisme

Abdelaziz BADJADJA
Architecte
Professeur d'architecture à l'Université de Constantine, Algérie

Les éléments principaux devant résister lors d'un séisme, sont les contreventements et les planchers solidaires aux murs porteurs, en fait l'unité structurelle de la construction doit être assurée par le bâtiment en tant qu'entité.
Les charges agissant sur les éléments de structure sont : Les charges permanentes, les surcharges, les charges climatiques, et les charges sismiques.
La réaction a ces sollicitations doit être de résister à la rupture et de ne pas se déformer.
Les éléments structurants résistants au séisme et ainsi aux efforts de cisaillements de sens horizontal sont :

- Les murs porteurs de maçonnerie.
- Les colonnes en pierre brique ou en marbre
- Les arcs et voûtes.







Le choix utilisé dans la construction de type traditionnel est déjà avantagé car basé principalement sur le patio et la symétrie ; créant ainsi l'excentrement entre le centre de gravité et le point d'application de l'effort sismique ou centre de torsion.
Ce qui est prévu en règle générale dans la conception originale des constructions traditionnelles, ce ne sont que deux niveaux de masse sur le sol (le rez de chaussée et l'étage), ainsi lorsque pour diverses raisons économique et sociales, des extensions sont entreprises, augmentant les masses et par conséquent les charges vers le bas, particulièrement sur le rez de chaussée, la qualité des fondations et celles des matériaux des murs porteurs ne sont pas prévues pour assurer une résistances à de telles charges.
On rencontre souvent des écrasements et des éventrements de mur porteurs engendrant des affaissements sous l'action horizontale du séisme.
Les structures traditionnelles en Algérie se composent d'éléments verticaux que sont les murs porteurs de plus de 45cm d'épaisseur, qui sont généralement mixtes (2 à 3 rangées de briques pleines et une rangée de pierres sèches ou moellons), les colonnes en pierre, en briques ou en marbres ainsi que les murs de refends servant de contreventement ; et des éléments horizontaux servant de chaînage tels que les tronc d'arbres de tuya de diverses dimensions variant de 2 à 3 mètre 50 de longueur et enfin les élément résistants, les jambes de forces en bois dans les deux directions reliant les arcs en briques pleines, formant un ensemble « structurel » solidaire.
Depuis les premiers séismes du 20ème siècle un certain nombre de techniques ont été appliquées se résumant principalement à un

chaînage, solidarisant planchers et murs porteurs avec des tirants en acier réglable, technique très efficace mais peu utilisée à l'heure actuelle.

Ce procédé a été généralisé dans toutes les constructions et édifices publics à l'époque coloniale.

Lors du séisme d'El Asnam (dénommée Chlef aujourd'hui) l'on s'est rendu compte de la nécessité de reprendre les joints des murs porteurs en injectant du lait de ciment et de d'utiliser un enduit à base de chaux et sur un grillage de solins, et de chemiser les maçonneries d'angles quand les croisements ne sont pas fait suivant les règles de la construction.

Lors des dernier travaux de consolidation des structures pour tous les ouvrages en restauration, on a opté, dans la plupart des cas, pour la conservation de la structure traditionnelle avec ses éléments en bois et on a rajouté une seconde rangée en profilé métallique afin de solidariser le tout et créant ainsi un nouveau plancher en béton mousse plus léger et surtout résistant aux efforts horizontaux.

8 Toutes les jambes de forces en bois, nécessaires à la stabilité et rigidité des arcs au niveau des patios, des galeries et des chambres en T ont été remplacés par des tubes en acier rond et recouvert (habillé) en bois.

La difficulté première est de trouver des maçons et autres artisans maîtrisant encore toute les techniques de maintien en équilibre de la construction et l'intervention de façon chirurgicale sur le bâti ancien.



Restaurer les constructions traditionnelles en bois : l'expérience de Turquie

Banu Çelebioğlu
Architecte
Enseignante à la Faculté d'Architecture
de l'Université de Yildiz/Istanbul, Turquie

Les bâtiments en bois et maçonnerie constituent l'architecture vernaculaire en Turquie. L'utilisation préférentielle de matériaux tels le bois, la pierre ou l'adobe, pour les maisons de différentes régions, dépend de la disponibilité des matériaux et du climat. Comme le bois est léger, facile, rapide à construire et surtout résistant contre les forces horizontales, il est le matériau le plus utilisé dans la maison turque traditionnelle.

Ces maisons sont construites sur le même principe : Les constructions traditionnelles en bois de deux ou trois étages, sont généralement formées par un pan de bois construisant la structure sur un mur de sous-sol en pierre ou sur un rez-de-chaussée en maçonnerie. Entre les pièces de bois, les vides sont remplis par des hourdis de brique, de la pierre, du bois ou du pisé. L'ensemble était parfois enduit de chaux et plâtre ou revêtu par les planches de bois afin de laisser la structure respirer. (Fig. 1-2) Ce système change selon la région, le climat et le temps. En général, les planches de bois sont utilisées dans les régions humides et/ou venteuses. (Fig. 3)

Comment restaurer les structures de bois

Le Comité International du Bois de l'ICOMOS précise les principes à suivre pour la conservation des structures historiques en bois. Le message essentiel des principes est qu'il faut prendre en compte l'importance de la charpente en tant que témoin d'une technique disparue et aussi pour sa valeur culturelle. Devant une structure que l'on doit préserver, il est primordial d'en conserver tous les éléments possibles. Il ne faut jamais démonter l'ensemble d'une charpente si une grande partie peut être sauvée.

Pour la restauration des structures en bois, les méthodes traditionnelles doivent être utilisées le plus possible avec des outils originaux par des charpentiers expérimentés et une équipe pluridisciplinaire de spécialistes.

Restauration des structures en bois de la Turquie

Le patrimoine architectural des structures en bois de la Turquie a une grande importance surtout dans l'architecture civile. Malheureusement, une grande partie de ce patrimoine en bois n'a pas pu atteindre nos jours à cause de plusieurs raisons.

La restauration des structures en bois nécessite des projets, une équipe de spécialistes et le soutien financier. Les usagers de ces maisons surtout du tissu urbain et rural sont des personnes qui ont des revenus bas et qui n'ont pas la possibilité d'assurer ces conditions. Comme pour tous les pays en train de se développer,



1. Une maison en pan de bois en enduit de chaux à Afyon.



2. Une maison en pans de bois remplie par les briques en pisé à Osmaneli, Adapazarı.

8

il faut mettre en place des stratégies de réhabilitation pour leur restauration et les mettre en oeuvre avec le support du gouvernement, des usagers, des pouvoirs publics et des agents sociaux.
Au sujet des restaurations faites en Turquie, il y a des problèmes d'authenticité surtout pour la structure en bois et les matériaux utilisés. Lors de l'intervention sur le bois des bâtiments, il faut respecter les techniques traditionnelles et les appliquer. Si on ne reste pas fidèle à ces principes, les bâtiments perdent leur authenticité. (Fig. 4)

Les restaurations réussites existent aussi. Les deux études de cas sont choisies en sont l'exemple :

Étude de Cas 1 :

La maison en bois qu'on se nomme « Birkökler Vakfı Kona ı » se trouve à stanbul et est classée par le Conseil des Monuments Historiques en tant que patrimoine culturel.
La maison comporte un sous-sol en maçonnerie et deux étages. Elle suit le style neo-classique et fut construite probablement au commencement du XIXème siècle par un architecte important de la région.
Après des années d'abandon, la maison est restaurée en 2005 selon les travaux de documentation et du projet. (Fig. 6) Lors du processus de restauration, suivant l'examen du pan de bois, on a décidé deux méthodes d'intervention :
-re-utiliser les pièces qui sont en bon état
-changer totalement des éléments qui ont subi des attaques par des insectes et des champignons ou purger la partie malade. (Fig. 7)
On a traité les bois et appliqué l'imprégnation aux pièces en bois qui sont à remplacer, comme les éléments structurels, les revêtements en bois, la menuiserie, les corniches, les profils et les moulures.
Les deux cheminées sans (qui ont perdu leur) fonction, ont été valorisées en les utilisant comme des gaines pour les équipements techniques. Les équipements de protection contemporains comme les systèmes d'alarme (fuite de gaz, début d'incendie, etc.) sont installés dans les vides entre les poutres et les poteaux tout en conservant la valeur historique de la maison.
La maison a pu arriver à nos jours sans changement du plan et des façades. L'objectif était de garder ces qualités tout en remettant la maison en service.

Etude de Cas 2 :

L'autre exemple est la restauration d'une maison qui se situe dans le complexe de Yıldız palace à Istanbul. La maison se nomme « Sünnet Kö kü » et comprend un sous-sol en maçonnerie et trois étages.



3. Une 'yalı' revêtue par les planches de bois au Bosphore, Istanbul.



4. Une restauration faite au Bosphore sans inquiétude d'authenticité.



5. Une restauration 'réussite' au Bosphore.



6. La consolidation temporaire des pans de bois de 'Birkökler Vakfı Konağı' (l'archive de Can Binan)



9. La consolidation des pans de bois par les nouvelles pièces de 'Sünnet Köşkü' (l'archive de Can Binan)



7. La consolidation des assemblages par des fers boulonnés à 'Birkökler Vakfı Konağı' (l'archive de Can Binan)



8. La consolidation de la structure de 'Sünnet Köşkü' (l'archive de Can Binan)

Les travaux de restauration datent de 2002. (Fig. 8) Après la documentation de la structure et de ses éléments, il a fallu démonter soigneusement les matériaux détériorés. Afin de garantir le réemploi des éléments à leur emplacement d'origine, chaque pièce de la maison fut affectée d'un numéro d'ordre.

Les désordres présents dans les charpentes étaient le pourrissement du matériau, une attaque du bois par la pourriture et les insectes. Pour les pièces à remplacer en raison d'une pourriture partielle, on a purgé le bois des parties pourries et on a consolidé les assemblages par des fers boulonnés. (Fig. 9)

Tous les matériaux, y compris les pièces de la structure, planchers, murs, plafonds, éléments de toiture, portes et fenêtres, moulures, etc. ont été conservés avec un minimum d'intervention.

Günay, R., Türk Ev Geleneği ve Safranbolu Evleri, İstanbul, 1998.

Froidevaux, YM., Techniques de l'Architecture Ancienne, Belgium.

Akın, N., Kahya, Y., 'Birkökler Vakfı Konağı', Ahşap Dünyası, no.22, 2005.

Outil 9
Les techniques de réhabilitation : consolider les matériaux



Outil 9
Les techniques de réhabilitation : consolider les matériaux

Intervenir sur les enduits : consolider, restaurer ou remplacer

Patrice MOROT-SIR
Ingénieur
Directeur technique de l'École d'Avignon, France

L'intervention sur la façade oblige à répondre à de multiples questions. L'inventaire qui suit à pour objectif de lister ces différents points afin de constituer un guide avant travaux. Dans tous les cas, il est nécessaire de bâtir un projet de ravalement, basé sur trois étapes essentielles :

- l'état des lieux,
- le choix du ravalement
- le cahier des charges d'intervention

La mise en place d'un projet d'intervention, la mobilisation d'un architecte permet de couvrir l'ensemble de ces points, sa présence est d'autant plus importantes si des travaux de modifications et d'adaptations du bâti sont prévus.

L'etat des lieux

Le ravalement est une opération qui vise deux objectifs :

- La présentation du bâti ; la façade représente la face vue de la maison et détermine l'ambition de ces propriétaires.
- La protection des ouvrages ; l'enduit, la peinture protégent le mur de la pénétration de l'eau…

L'état des lieux doit donc répondre à ces deux aspects.

1. La présentation des parements :

→ Quel bâti ? Quelles modifications ?

A partir de données descriptives il est nécessaire de déterminer le type de bâti que l'on souhaite ravaler. :
Par ailleurs ce bâti a certainement fait l'objet de modifications, il est nécessaire ici de les déterminer, et de les évaluer au regard de l'esprit du projet de ravalement souhaité. Il s'agit ici de déterminer les caractéristiques de la maison, les traits qui en font son identité, son histoire (si le bâti ne présente pas de traces significatives, observer les bâtiments aux alentours).
Il faut ensuite les compléter, par les caractéristiques propres du parement de la ou des façades qui font l'objet des travaux :

→ Quel enduit ? Quelle couleur ? Quel badigeon ?

L'observation permet ici de découvrir des traces d'enduits anciens : sous une couche d'enduit jeté au parement grenu on découvre deux sous couches peintes en blanc, ce traitement peint est celui d'une couche de finition.

2. La protection des parements :

→ Quels désordres ? Quels matériaux ? Quelles pathologies ?

Avant de programmer les travaux, il convient de diagnostiquer l'état des façades. Dans le cas d'une réhabilitation totale de l'immeuble, un diagnostic technique de l'ensemble de la construction est préalablement établi. Dans le cas d'un simple ravalement, on s'attachera à examiner les désordres apparents et à sonder la maçonnerie afin d'en détecter d'éventuelles faiblesses.
Les lézardes qui entaillent l'épaisseur du mur ainsi que les effets de ventre (bombement d'un mur par rapport à la verticale), souvent dues à des poussées, des surcharges, des flexions de poutres ou à des tassements différentiels, nécessitent des interventions lourdes préalablement aux travaux de façade. Selon les cas, la structure sera consolidée par une reprise des fondations, ou la mise en oeuvre de chaînages armés, de contreforts ou de tirants.
Les fissures doivent être analysées selon leur dynamique, selon leur vitesse d'évolution : la pose de témoins (plâtre, témoins millimétriques) doit être réalisée dès le constat des fissurations. Si ces dernières sont inactives, l'injection d'un coulis de mortier suffira pour colmater. Si les mouvements de maçonnerie se poursuivent, la structure devra être consolidée.
Les traces d'humidité et les décollements d'enduit exigent des

travaux pour remédier aux différentes causes possibles : bouchage des fuites de canalisation, décroûtage des enduits trop étanches (au ciment artificiel), drainage des eaux d'infiltration ou de pluie...

Avant de programmer le ravalement, des sondages en différents points de la façade doivent être effectués. Si le mur sonne creux, ce qui témoigne d'un cloquage et d'un décollement de l'enduit, un décroûtage peut s'avérer nécessaire. Dans le cas où les désordres sont dus à des points d'humidité, un décroûtage des parties altérées et des remèdes ponctuels avant ragréage sont suffisants. Dans le cas où ce phénomène serait du à une mauvaise adhérence de l'enduit au support, en raison d'une évaporation insuffisante de l'eau contenue dans les murs, un décroûtage total de l'enduit est nécessaire. Ce dernier doit être remplacé par un mortier de chaux naturelle, qui a l'avantage de permettre la respiration des murs tout en les imperméa





Lézardes qui entaillent l'épaisseur du mur

Diagnostic préalable

Avant l'engagement des travaux, il est nécessaire de contrôler l'état sanitaire de l'immeuble, on peut retenir les points suivants :

Toitures	Infiltration d'eau par la couverture, abergement de cheminée, raccords murs pignons - toitures.
Zinguerie, canalisations	Gouttières, descentes d'eaux pluviales, évacuation d'eaux usées (encastrement possible ?)
Toitures	Infiltration d'eau par la couverture, abergement de cheminée, raccords murs pignons - toitures.
Murs et maçonneries	Présence de fissures (actives ou non), bouchement des trous, joints, présence de mousse, dégradation de la pierre.
Bas de mur	Collecte des eaux pluviales, revers pavés, joints entre sol et mur, drainage éventuel, réseau souterrains.
Menuiserie	Vérification du calfeutrement des baies
Divers	Protection contre les animaux (rongeurs, pigeons...)
	Encastrement possible des réseaux, courants forts, ligne individuelle et des courants faibles
	Dépose d'éléments inutilisés (console métallique...)

Le mur que l'on souhaite ravaler possède peu être un enduit en bon état général, dans ce cas la réfection totale n'est pas obligatoire, néanmoins il convient de réaliser un diagnostic spécifique :

- Vérifier la bonne accroche générale de l'enduit sur le support de maçonnerie en le sonnant avec le doigt ou un outil de petite dimension, s'il sonne creux sur une grande surface le piquage et la réfection s'impose, s'il sonne creux par partie localisée, une injection localisée sur ces zones doit permettre d'assurer son accroche.
- Vérifier la pulvérulence, la cohésion du mortier en frottant la surface avec une forte pression, si les grains de sable roulent sous les doigts il sera nécessaire de piquer et reprendre l'enduit, cela ne concerne peu être qu'une zone localisée, la reprise partielle est alors possible.
- Vérifier la faible présence des remontées capillaires, à l'extérieures comme à l'intérieur, dans le cas de remontées et si

l'enduit est réalisé avec un liant hydraulique (chaux artificielle, bâtard chaux-ciment) il sera nécessaire de piquer l'enduit jusqu'à la hauteur de ces remontées afin de reprendre cette zone par un mortier de chaux hydraulique naturelle (NHL), une légère sur-épaisseur, ou un traitement différent du parement permet de transformer cette reprise en soubassement.

- Vérifier la nature du mortier et du traitement de finition, dans le cas de liant fortement hydraulique (chaux artificielle, bâtard chaux-ciment) on préférera un lait de chaux prêt à l'emploi formulé par un industriel ou une peinture minérale (Norme AFNOR FDT 30-808), dans ce cas les teintes choisies devront s'apparenter aux couleurs des badigeons de chaux.

Le choix du ravalement

Avant de bâtir un projet de réfection complète des ouvrages de la façade, et notamment de l'enduit, il convient de s'interroger sur l'ambition que l'on a pour la maison, sur l'image que l'on donne à travers elle.

Une réfection totale de l'enduit, du badigeon, des menuiseries… peut donner un aspect neuf, trop neuf en désaccord avec les choix qui ont conduit à l'achat de la maison par exemple. Une modeste maison n'exprime son ancienneté, son histoire, qu'à travers l'état dégradé des ces enduits, de ces peintures. Les imperfections du parement, la « patine du temps », sont parfois les seules données qui donnent à la maison le charme des constructions anciennes.
Ainsi l'objectif d'une opération de ravalement doit être de conserver cet aspect ancien, il faut bâtir un projet respectueux de cette idée.. Le ravalement, opération qui se traduit aujourd'hui trop souvent par une réfection totale de l'enduit après décroutage complet de l'enduit existant, est de fait une opération plus complexe qui doit être envisagé de manière graduelle :

Intervention de strict entretien : les ouvrages en place sont en bon état sanitaire :

- les menuiseries nécessitent une nouvelle couche de peinture,
- l'enduit possède une bonne accroche mécanique au support, seul le soubassement est dégradé sur quelques dizaines de centimètres de hauteur ; dans ce cas une réfection sur 90cm de hauteur avec un mortier de chaux, dessinant un soubassement, quelques raccords d'enduit, un badigeon de chaux dilué d'uniformisation, permettra de conserver, de consolider l'enduit ancien, ses imperfections.

Intervention de conservation/restauration : les ouvrages en place ne sont pas en bon état sanitaire, cependant la qualité esthétique du parement, la nature des ouvrages (cadrans solaires, inscriptions…) oblige à une volonté de conservation :

- les techniques à employer relèvent de la conservation, elles permettent de fixer la patine, l'usure du temps, tout en redonnant aux ouvrages leur rôle de protection, leurs résistances…
- ces techniques sont mises en œuvre par des spécialistes, le projet peut prévoir une intervention localisée de ce type sans avoir à l'appliquer sur la totalité des parements.

Intervention de réfection : Les ouvrages en place ne permettent pas de remplir leur fonction de protection, les enduits sont décollés, les traces d'humidité sont nombreuses… dans ce cas pas d'hésitation il faut refaire les enduits, gérer les causes de l'humidité. En fonction de la localisation des désordres, cette réfection pourra être partielle, limitée par exemple à la hauteur du rez de chaussée ou à la façade la plus dégradée ou totale si l'ensemble de l'enduit est hors d'usage. Cette décision de réfection totale doit être une conséquence du diagnostic et non pas un a priori.

Le choix d'un mortier de chaux (aérienne – CL- ou hydraulique naturelle – NHL-) s'impose pour les maçonneries anciennes :

Le liant habituellement utilisé pour les mortiers, comme pour les badigeons était la chaux, les chaux devrait-on dire. Ce matériau est particulièrement adapté aux constructions anciennes par ces propriétés mécaniques et physiques :

- de faible résistance, il permet à l'enduit d'accompagner les mouvements du bâti sans créer de larges fissures, comme les liants très résistant, mais en développant un important réseau de micro-fissuration imperceptible à l'œil et sans conséquence pour son imperméabilité à l'eau.
- par sa structure poreuse, le mortier de chaux est imperméable à l'eau mais perméable à la vapeur d'eau. Cette propriété va permettre l'évacuation des remontées capillaires, chauffées par le soleil les eaux ascensionnelles vont se transformer en vapeur et s'évacuer du mur, on parle de respiration du mur.

Ces mortiers sont projetés manuellement sur le mur avec la truelle, ils peuvent être projetés également à la Tyrolienne (moustiquette) ou au « sablon », dans ce cas il faut resserrer le parement à la truelle ou à la taloche. Ils peuvent également être appliqués à la machine à projeter, dans ce cas il est nécessaire d'adapter le mortier à l'aide d'adjuvants dont les dosages sont spécifiques aux machines employées et au type de mortier ; il s'agit en général d'entraîneur d'air et de plastifiant (vérifier leur compatibilité avec les mortier de chaux). L'usage de la machine à projeter est plus ou moins intéressant selon la finition à réaliser, bien adapté aux finitions lissées à la truelle ou talochée, le gain de temps est moins

évident pour les enduit jeté puis recoupé à la truelle, il convient de réaliser des essais préalables.

Le choix du liant

Le choix du type de ravalement une fois effectué, il faudra alors déterminer le liant. L'observation des paramètres suivants permettra d'affiner ce choix :

La nature du support
Murs anciens ou contemporains, moellons de calcaire tendre, mi-fermes ou pierres froides, murs de terre ou de torchis sont autant de matériaux différents qui nécessitent un liant plutôt qu'un autre, pour la réalisation du dégrossis.

L'environnement du chantier
Les conditions climatiques, le calendrier de réalisation du chantier, la nature des approvisionnements interviennent dans le choix du liant. La prise en compte de ces facteurs est indispensable lors de la réalisation du corps d'enduit.

Le résultat souhaité, la finition
La couche de finition d'un enduit s'effectue toujours aujourd'hui dans un souci d'esthétisme. Sont à considérer entre autres le grain de la texture, la couleur de l'enduit et la présence ou non de modénature.

Le croisement de ces trois éléments doit permettre d'orienter le choix du liant à utiliser.

A. Observations du support, et gobetis :
La surface brute, recevant l'enduit, possède des caractéristiques propres d'accroche, de porosité et d'affinité avec l'eau. Celles-ci sont déterminantes dans le choix du liant, servant à la réalisation du gobetis. Dans les tableaux suivants, la mention chaux aérienne réunit les chaux aériennes éteintes pour le bâtiment et les chaux en pâte.
Dans le cas où une chaux aérienne est utilisée, la réalisation d'un enduit à deux couches est possible. La première couche correspond au corps d'enduit et fait environ 10 mm d'épaisseur ; la seconde couche, qui forme la finition, est alors plus fine ; elle peut être appliquée sur la précédente encore fraîche mais ferme (application à mezzo-fresco).

Type de support		Travaux à réaliser	Liant courant
Bâti ancien	Maçonnerie de moellons tendres-mi fermes	Dépoussiérage	Chaux aérienne ou NHL
		Humidification,	
		Gobetis	
	Brique terre cuite	Dépoussiérage	NHL, chaux aérienne
		Humidification abondante	
		Gobetis	
	Pierres froides de petits ou grands appareils	Dépoussiérage	Bâtard NHL+ XHA NHL
		Humidification	
		Salissure	
		Humidification	
		Gobetis	
	Pisé, adobe, bauge	Dépoussiérage	Chaux aérienne
		Humidification (brouillard)	
		Lait de chaux	
		Gobetis/corps d'enduit (enduit réalisé en deux couches)	
	Torchis, pans de bois caché	Dépoussiérage	Chaux aérienne
		Humidification (brouillard)	
		Lait de chaux	
		Grillage	
		Gobetis/corps d'enduit	

B. Environnement du chantier et corps d'enduit ou dressage :

- Les possibilités d'approvisionnements en chaux peuvent être un facteur de choix obligé.

- Le climat
Il intervient également dans le choix du liant. En effet, en cas de températures excessives, d'un vent sec important ou de températures très basses il est préférable d'employer une chaux hydraulique naturelle à une chaux aérienne, afin de bénéficier d'une prise plus rapide. Le choix d'une période adéquate (printemps, automne), où la mise en place de protections (filet coupe vent, bâchage...) est susceptible d'inverser ce choix.

- Le calendrier de chantier
Dans le cas de travaux à réaliser dans un laps de temps court, il est conseillé d'utiliser une chaux hydraulique naturelle à une chaux aérienne (sauf à réaliser un enduit à deux couches et application à mezzo-fresco). En effet, dans des conditions climatiques normales, le délai de prise entre gobetis, corps d'enduit et finition peut-être divisé par deux. La couche de finition peut, quant à elle, être réalisée avec une chaux aérienne. La prise de la couche de finition se continue une fois l'échafaudage déposé.

Grain de l'enduit	Nature des travaux	Liant	Observations
Grenu	Rejointoiement	Chaux aérienne ou éventuellement hydraulique naturelle	Le choix d'une chaux hydraulique naturelle peut-être intéressante dans le cas de pierre froides ou de joints vifs.
	Enduit jeté truelle	Chaux aérienne ou hydraulique naturelle	L'aspect, la rugosité de l'enduit est lié essentiellement à la nature de l'agrégat.
Fin	Enduit taloché	Chaux aérienne ou hydraulique naturelle	L'utilisation d'une taloche en bois limite les remontées de laitance.
Très fin	Enduit lissé à la truelle	Chaux aérienne	Faire le choix d'un sable fin. La prise lente permettra de revenir serrer l'enduit.
	Enduit taloché regarni	Chaux aérienne	La pâte de chaux utilisée peut être colorée avec des pigments.

C. Résultat souhaité, couche de finition

La couche de finition a comme rôle principal de mettre en valeur et de présenter le parement du mur. Le résultat final est une combinaison entre :

- le grain de l'enduit : la surface pouvant être très lisse ou à forte aspérité (surface grenue),
- la couleur : celle-ci est obtenue par une peinture à la chaux réalisée a fresco, a secco ou simplement à l'aide de l'agrégat et le liant du mortier,
- la modénature : l'enduit est simplement regravé en faux appareils de pierre ou possède des reliefs importants.

Les couches de finition jetées à la truelle, au balai, doivent être appliquées sur une couche (corps d'enduit ou finition) préalablement resserrée ; en effet, la couche jetée ne peut assurer de fonction d'étanchéité.
La coloration des enduits est réalisée à l'aide du mélange agrégat/liant, ou par une peinture à la chaux.

- Dans le cas d'une coloration à l'aide d'agrégat, il est important de savoir que les chaux hydrauliques naturelles possèdent une légère coloration (gris-beige parfois légèrement ocrée). Les chaux aériennes, elles, sont beaucoup plus blanches. Les choix d'une chaux plutôt qu'une autre peut mettre ou non l'agrégat en valeur et agit directement sur la couleur de l'enduit. Les chaux très blanches ont tendance à "casser la couleur", mais il n'y a pas de règle arrêtée ; un essai préalable est conseillé.
- Dans le cas d'une coloration par une peinture à la chaux, son application, à l'aide d'une technique à sec, peut s'effectuer indépendamment sur un enduit réalisé avec une chaux aérienne ou hydraulique naturelle.
- Dans le cas d'une application à fresque, le liant de la couche de finition doit généralement être une chaux aérienne.

Constitution d'un cahier des charges

- Avant toute chose : l'observation
Etablissement d’un relevé photographique (ensemble des façades traitées, détails encadrement, détails chaîne d’angle, détails passées de toiture et soubassement)

- Sur le plan de la démarche
  Contact avec un homme de l'art, architectes, maître d'œuvre.
  Etablissement d'un projet, relevé, maquette colorée
  Choix et parti d'intervention

- Sur le plan des ouvrages

1 Dans le cas de modification de baies, respecter les proportions et l'ordonnancement général (fenêtre plus haute que la large, dans le cas des grandes baies à rez-de-chaussée, il est nécessaire de réaliser un projet détaillé, avec une mise en situation sur le relevé de la façade).

2 Détermination de la façade principale et élaboration d'un projet où la finition de l'enduit crée une hiérarchie.

3 Enduit de chaux (aérienne ou hydraulique naturelle) finition grenue (jetée-recoupée, jetée), lissée à la truelle, talochée, etc. La coloration est celle du mélange du sable et de la chaux, si elle n'est pas satisfaisante, elle peut être modifiée par un lait de chaux très dilué teinté d'ocre et de terre

4 Le nu de l'enduit se confond avec celui des pierres d'encadrement, si ce n'est pas le cas l'enduit recouvre une partie de la pierre et est recoupé afin de dessiner un chambranle régulier.

5 Le pied de la façade peut être souligné par un soubassement de couleur et/ou de texture différente de l'enduit, cela permet le cas échéant de ne refaire l'enduit que sur la partie ou il est dégradé par les remontées capillaires et les rejaillissements.

6 Les pierres de la chaîne d'angle sont apparentes ou cachées par l'enduit, une fausse chaîne d'angle harpée peut souligner les extrémités de la façade principale.

7 Un badigeon blanc peut être utilisé sur une ou plusieurs façades, il peut être légèrement teinté d'ocre jaune ou de terre de sienne naturelle.

8 Les menuiseries sont peintes, les volets et les portes de couleur à dominante sombre (vert, marron) ou dans une large gamme de couleur grise. Les fenêtres sont de même couleur, plus claire ou dans une large gamme de gris. Le bois apparent est à déconseiller,

9 La serrurerie équipant la baie est peinte dans la même teinte que la menuiserie.

Traitement de l'humidité dans l'architecture traditionnelle

Soledad GARCÍA MORALES
Docteur architecte
Université polytechnique de Madrid, Espagne

1. Critères d'intervention dans le cas d'humidité provenant du terrain

Les critères d'intervention pourraient être schématisés de la manière indiquée ci-dessous, ordonnés en fonction de leur degré d'efficacité.

1. Comme critère général, il est souhaitable d'éliminer la cause ou le foyer de présence de l'eau, si c'est possible, comme dans les cas suivants :

a. Les avaries dans les systèmes de canalisations municipaux, qui peuvent être confondues avec des problèmes de capillarité. La meilleure intervention est celle qui localise l'avarie et lui apporte une solution.
b. Les filtrations des eaux de pluie depuis le trottoir, qui affectent les murs d'enveloppe des bâtiments autour des revêtements. (Fig. 1) Il s'agira dans ce cas de concevoir la jonction entre le trottoir et le bâtiment d'une manière adéquate, en imperméabilisant le trottoir si cela s'avère nécessaire.
c. Les poches d'eau « suspendues » dans le terrain, qui se remplissent à l'occasion de pluies intenses, ou d'inondations, etc. et qui, du fait qu'il n'existe aucun drainage, retiennent l'eau pendant très longtemps. La meilleure solution consiste à mettre en place un drainage qui « crèvera » la poche, afin que l'eau ait toujours une sortie et ne soit pas retenue. Remplir la poche de béton n'est en général pas une bonne solution si l'on ne met pas en place parallèlement un drainage qui convient.

2. Dans la plupart des cas, cependant, il n'est pas possible d'éliminer la source de l'humidité parce qu'il s'agit des eaux de pluie, ou de la nappe phréatique, ou encore de l'eau de la strate capillaire. Dans ces derniers cas, il sera souhaitable d'essayer d'éviter le contact de l'eau avec le bâtiment, en traçant parallèlement un parcours pour celle-ci. Il faut insister sur le fait qu'il n'est pas suffisant, en général, de mettre des obstacles ou d'empêcher le contact (effet barrière) sinon qu'il faut se souvenir que l'eau est toujours en mouvement et que le mieux est de concevoir le chemin qu'elle devra suivre pour assurer l'efficacité de la solution.

a. Dans le cas de l'humidité provenant d'une strate d'imbibition, alimentée par des pluies plus ou moins proches, le plus souhaitable est de concevoir un parcours pour l'eau (canalisation superficielle, drainage, etc.) qui protège le mur en empêchant le contact prolongé de l'eau avec les fondations ou avec le socle. (Dans les figures 2 et 3, on peut voir la solution qui a été adoptée pour l'évacuation des eaux de pluie qui étaient retenues dans l'atrium de l'église de Santa María de Arévalo [prov, d'Avila, Espagne]. Projet : Isabel García Muñoz et Soledad García Morales.)



1

En principe, plus l'eau est recueillie et canalisée superficiellement et moins la solution présente de risques, car il est plus facile de cette manière de trouver un point vers lequel la conduire. On peut le faire dans les cas où le bâtiment est situé dans un environnement revêtu et où les pentes peuvent être déterminées de manière claire.
Il est souhaitable que les canaux, ou les lignes d'écoulement, mis en place pour l'évacuation soient situés le plus loin possible de la façade que l'on souhaite protéger. Si le revêtement est construit sur une couche de remplissage ou de terrain très perméable, il faut imperméabiliser le canal pour éviter de possibles filtrations qui finiraient par atteindre le socle ou les fondations. En règle générale, il faut se souvenir que l'eau ne

court pas seulement sur les revêtements mais qu'elle pénètre aussi par les fissures entre les carreaux ou les éléments des socles, et qu'elle poursuit son chemin en dessous de ceux-ci, de telle manière qu'il faut étudier chaque cas.

Lorsque l'on ne peut pas recueillir les eaux de pluie superficiellement (parce que l'on se trouve dans un environnement non revêtu, ou qui l'est seulement partiellement), il faut alors construire un drainage périphérique pour recueillir et conduire l'eau à l'extérieur. Le drainage est en réalité un « lit de rivière souterrain » artificiel, dessiné de telle façon qu'il est très facile pour l'eau de l'emprunter. Cela implique de prendre en considération les points suivants :

– Le drainage doit avoir un point clairement déterminé où il pourra déboucher. La profondeur de raccordement à ce point doit être la condition la plus importante dans le tracé du drain. S'il n'est pas possible de donner une sortie naturelle à l'eau du drainage, on pourra penser à un puits (éloigné du bâtiment et suffisamment important) duquel on pourra extraire l'eau par pompage lorsque cela sera nécessaire. Si cette option n'est pas non plus possible, il est préférable de ne pas faire de drainage.
– Le canal souterrain ou tube de drainage doit avoir une pente de 2 %, au moins. Dans certains cas, on pourra admettre une pente moindre (1 %), mais il faudra alors prévoir le nettoyage périodique du tube de drain, en prévoyant les regards d'eau correspondants.
– Tout drainage proche d'un mur enterré ou de fondations doit être séparé de celui-ci par une plaque imperméable ayant une étanchéité suffisante pour résister à l'eau sous pression. La plaque doit couvrir la totalité du parement enterré, et pas seulement la hauteur du tube de drainage. Si les fondations sont faites de maçonnerie irrégulière, et que l'on ne peut pas les imperméabiliser du fait de leur irrégularité, il convient de séparer le drainage par un mur enterré parallèle à la fondation, et d'imperméabiliser ce dernier.
– Comme l'imperméabilisation d'un mur enterré signifie que l'évaporation de celui-ci est empêchée, dans le cas où il y aurait de l'humidité due à la capillarité en plus des pluies, il sera nécessaire de construire une chambre d'aération indépendante, en plus du drainage (voir le chapitre correspondant à la conception des chambres d'aération).
– La tranchée creusée pour le drainage doit être ensuite remplie d'un agrégat propre (sable et gravier) qui agira comme un filtre afin que l'eau parvienne au tube de drainage sans argile ni boue ; en effet, ceux-ci pourraient s'y déposer, ce qui risquerait de l'obturer. Il convient aussi de protéger l'imperméabilisation pendant le déversement de l'agrégat, afin qu'elle ne soit pas perforée. Cette protection peut se faire de nombreuses manières différentes : en recouvrant l'imperméabilisation avec un mur de bloc, ou avec une planche, ou encore avec un tissu moderne de géotextile, par exemple.
– Le drainage ne doit pas être recouvert d'un revêtement dur, mais d'un revêtement perméable (gravier, par exemple, ou pavés à joints ouverts).

b. S'il s'agit d'humidité de capillarité ascendante, pour tenter d'éviter le contact du terrain avec le mur enterré ou avec la fondation, il est souhaitable de créer une chambre d'aération. (Fig. 4) La chambre d'aération a pour mission d'empêcher le



2

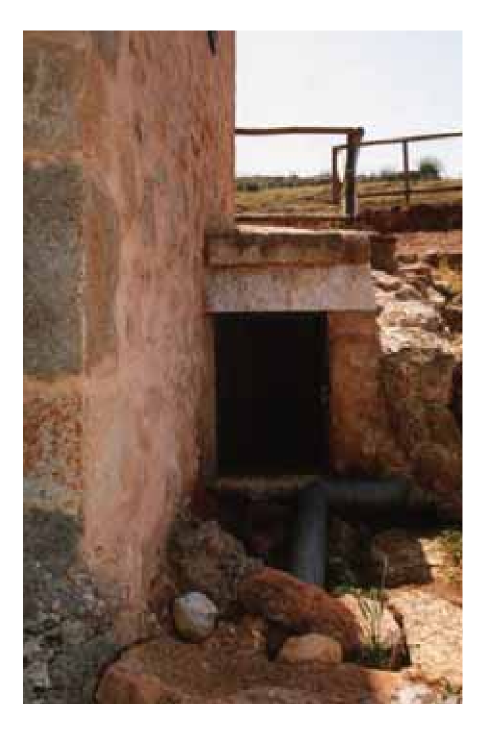


3

9

contact des matériaux de construction avec le terrain, étant donné que l'on intercepte de cette manière la succion capillaire, mais il faut aussi la construire en respectant les conditions suivantes :

– La chambre de ventilation doit être la plus sèche et la mieux protégée possible. Il faut éviter qu'y entrent les eaux de pluie, ou de l'eau provenant de tout autre source d'humidité (avaries, tout-à-l'égout, etc.).
– Elle doit toujours être ventilée. Or, il n'est pas simple de bien ventiler une chambre d'aération, parce que cela signifie en effet de prévoir que l'air puisse pénétrer avec facilité (par un nombre suffisant de grilles), parcourir la chambre, puis sortir d'un autre côté. Les chambres de ventilation sont, conceptuellement, comme les conduites d'air conditionné, et il n'est pas toujours simple de faire en sorte que l'air se déplace sans une aide mécanique. Si une chambre d'aération n'a pas une rénovation de l'air suffisante, l'humidité évaporée provenant du terrain sature l'air situé à l'intérieur, et lorsque l'humidité relative en elle a atteint 100 % il se produit une condensation sur toutes ses parois (Fig. 5), ce qui entraîne le fait que l'humidité recommence à affecter le mur ou les fondations. En conséquence, s'il n'y a pas de garantie qu'une chambre d'aération sera bien ventilée, il vaut mieux ne pas la construire.
– Lorsque l'on conçoit une chambre d'aération, il convient de tenir compte du fait que l'air humide est moins dense que l'air sec, et par conséquent qu'il a tendance à monter. On peut profiter de ce principe physique pour disposer correctement les grilles. L'air sec doit entrer par le bas, et l'air humide sortir par le haut.
– L'air de rénovation des chambres d'aération doit être pris à l'extérieur, et être évacué aussi par l'extérieur. Les chambres d'aération dans lesquelles seul l'air de l'intérieur du bâtiment se déplace ne sont pas efficaces.
– On peut faire une chambre d'aération soit à l'intérieur soit à l'extérieur du bâtiment, afin de ventiler aussi bien les murs que les socles ou les fondations, mais dans tous les cas la ventilation doit se faire comme nous l'avons indiqué au point précédent : vers l'extérieur.
– Les caves, les cryptes, les sous-sol, etc. bien ventilés fonctionnent comme des chambres d'aération des étages qui sont au-dessus d'eux. Il convient de maintenir les trous qui y existent, de la façon dont ils ont été conçus. (Fig. 6) Traiter un sous-sol comme espace habitable, en fermant ses ouvertures, implique une étude du bâtiment dans son ensemble, afin d'éviter les répercussions négatives découlant de cette intervention.



4



5

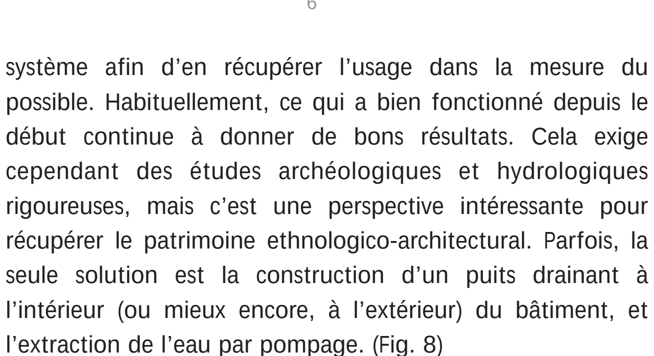
c. Lorsque l'on se trouve face à un problème dû à la nappe phréatique, la solution est compliquée, parce que le bâtiment traditionnel n'est imperméable dans aucune de ses parties, et que pour éviter l'entrée d'eau de la strate phréatique la seule solution consiste à avoir recours à des systèmes constructifs apportant une certaine étanchéité. La seule solution, qui est celle qui était construite traditionnellement, est la canalisation d'une partie de la strate phréatique. Ce système de canaux (Fig. 7) est la base d'une culture méditerranéenne experte en conduction de l'eau. Il demeure encore de nos jours quelques exemples de ces bâtiments sillonnés de réseaux de canaux, de citernes et de puits. Lorsque l'on découvre dans un bâtiment des vestiges de canalisations, le plus sensé consiste à étudier le



6



7



système afin d'en récupérer l'usage dans la mesure du possible. Habituellement, ce qui a bien fonctionné depuis le début continue à donner de bons résultats. Cela exige cependant des études archéologiques et hydrologiques rigoureuses, mais c'est une perspective intéressante pour récupérer le patrimoine ethnologico-architectural. Parfois, la seule solution est la construction d'un puits drainant à l'intérieur (ou mieux encore, à l'extérieur) du bâtiment, et l'extraction de l'eau par pompage. (Fig. 8)

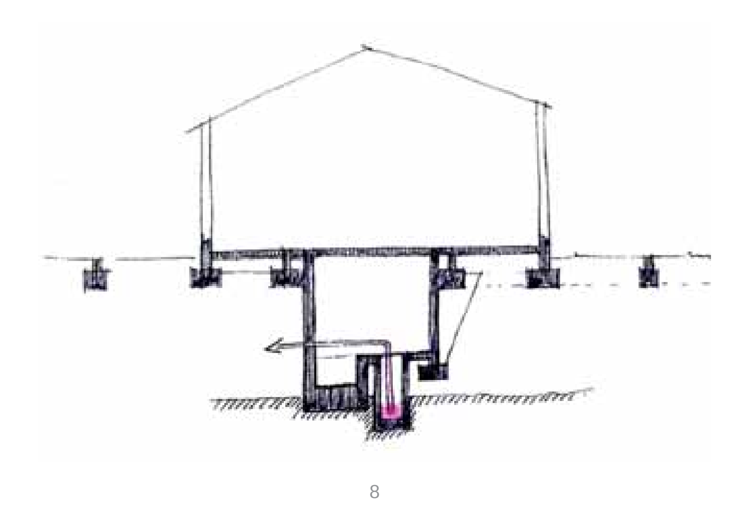
3. Dans certains cas, il n'est pas possible d'empêcher le contact ni de canaliser l'eau provenant du terrain avant que celle-ci n'entre en contact avec le mur ou le socle. Le travail consiste alors à tenter de favoriser au maximum l'évaporation de ces éléments :
   - par l'utilisation de revêtements à base de mortiers ayant une grande perméabilité au passage de la vapeur ;
   - par la ventilation des locaux ou des pièces dans lesquels se trouvent des éléments humides.

   Toutefois, il s'agira toujours d'interventions qui ne constitueront pas une solution définitive du problème mais qui seront parfois la seule possibilité, dans l'attente de nouvelles techniques de construction. Il s'agit de conserver le mieux possible les bâtiments dans lesquels il y a une humidité irrémédiable, et l'étude préalable à l'intervention doit apporter des réponses aux questions telles que : comment réagiront les matériaux lorsque sera accéléré le mode stable d'évaporation ? ou bien, où sera évacuée l'eau évaporée ? (Il faudra éviter qu'elle s'évapore dans des endroits qui pourront produire, par exemple, des condensations dans un autre lieu ; le cas typique étant la ventilation d'une cave ou d'une crypte : si l'on n'analyse pas le bâtiment dans son ensemble, l'humidité peut se condenser sous le plafond, ou dans les voûtes, car l'air humide a tendance à monter, et il pourra alors s'y accumuler.)

2. Critères d'intervention dans le cas d'humidité de condensation hygroscopique

Comme nous l'avons déjà vu, ce type d'humidité se produit lorsque dans le bâtiment se trouvent des matériaux qui présentent un comportement hydrique anormal, par la présence en eux de sels hygroscopiques. C'est la raison pour laquelle la réaction du matériau face à la présence d'humidité (y compris sous forme de vapeur) est disproportionnée : on verra apparaître de grandes taches, qui devraient être dues à des foyers intenses d'humidité, alors qu'il n'existera parfois qu'une petite évaporation depuis un terrain humide, ou parfois même la seule présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.
Lorsque l'on fait le diagnostic et que l'on détecte que le problème est dû aux sels hygroscopiques, les critères d'intervention sont les suivants :

a. Il est important de vérifier avant tout qu'il n'y a pas de foyer d'humidité, ou que celui qui existe est si petit qu'il ne requiert pas d'intervention.



8

b. Après avoir vérifié ce premier point, si l'élément a une valeur artistique, historique, etc., on peut tenter d'éliminer les sels superficiels. Les opérations de dessalage de parements ou de sculptures sont habituelles chez les restaurateurs. Il s'agit de mettre en contact avec la surface à traiter des petits morceaux de papier de cellulose ou d'argile imprégnés d'eau distillée. L'eau du papier dissout les sels de la superficie de l'élément à traiter, et l'évaporation postérieure fait que les sels se déplacent et viennent adhérer au papier, où ils cristallisent en séchant. On peut alors retirer facilement le pansement. L'intervention est répétée autant de fois que nécessaire.

c. Avec ce système, on peut éliminer de petites quantités de sels déposées dans la partie du mur la plus proche de la superficie. Il s'agit d'un système délicat et coûteux, qui exige l'intervention d'un spécialiste, et une supervision continue pour éviter la détérioration du matériau. Ce n'est pas, par conséquent, une solution qui peut être utilisée pour de grandes superficies sans grande valeur.
Si l'on ne considère pas souhaitable de procéder au dessalage, la seule solution est l'élimination des matériaux contaminés : piquage des revêtements et, parfois aussi, du mortier de joints dans les maçonneries de brique. Dans certains cas, les sels se trouvent seulement sur les enduits et, en les assainissant avec cette méthode, l'humidité disparaît. Lorsqu'il ne s'agit pas de murs revêtus mais de maçonneries dans lesquelles la brique ou la pierre est apparente, le piquage des matériaux ne peut se faire que dans les mortiers, ce qui améliore un peu l'apparence de la lésion mais ne l'élimine pas en totalité.
Dans certains bâtiments, une pratique commune consistait à substituer de nouvelles briques ou pierres de taille aux anciennes. Dans ce cas, l'humidité due à l'hygroscopicité disparaît complètement, évidemment, mais ce n'est pas une possibilité d'intervention généralisable actuellement.

d. Lorsqu'aucune des interventions ci-dessus n'est possible, il faut savoir que la tache ne disparaîtra pas. Toutefois, s'il n'y a pas d'autre foyer d'humidité que la vapeur de l'atmosphère, la lésion n'est pas importante, en dépit de son aspect esthétique. Le projet et le type de bâtiment devront être déterminants dans la décision de l'intervention la plus adéquate.

3. Critères d'intervention dans le cas d'humidité due à des infiltrations d'eaux de pluie

Lorsque le diagnostic révèle ce type de problème, le plus sûr consiste à tenter de traiter l'infiltration le plus près possible de l'endroit où elle se produit. Cela veut dire qu'il convient de vérifier :

- par où entre l'eau ;
- quel chemin elle suit ;
- pour quelle raison elle apparaît là où elle le fait.

Le plus efficace consiste à vérifier le premier point à l'aide des techniques *ad hoc*. La solution du problème n'est en général pas difficile à trouver parce qu'il s'agit d'un exercice de construction : concevoir une solution adaptée à chaque cas.

Par la couverture

Comme les filtrations se produisent habituellement à cause d'une mauvaise conception de la solution originale ou du vieillissement des matériaux employés, l'intervention tentera de résoudre ce qui sera opportun dans chaque cas.
Il convient ici de faire une réflexion quant au caractère perméable de nombreuses couvertures méditerranéennes, toits plats ou terrasses. Dans ces couvertures, en effet, l'efficacité est obtenue à base de couches de mortier soigneusement sélectionnées et dimensionnées en fonction du microclimat, dont le rôle est d'évacuer rapidement l'excès d'eau, en même temps qu'elles en absorbent une partie afin que l'évaporation postérieure rafraichisse l'atmosphère intérieure. La quantité d'eau absorbée ne doit jamais atteindre le parement intérieur : pour ce faire, l'expérience et la tradition constructive ont mis en place dans chaque lieu la conception la plus adaptée.
La solution n'atteint pas son but lorsque l'on prétend, sans l'analyser, faire de la terrasse traditionnelle une terrasse imperméable, par l'interposition de plaques imperméables ou de matériaux ne présentant pas une absorption suffisante (carreaux céramiques ou hydrauliques modernes, par exemple, dont le coefficient d'absorption est trop faible). Le changement de concept dans le fonctionnement de la couverture exige d'analyser le nouveau comportement ; en effet, on produit aujourd'hui de grandes plaques d'écoulement qui n'étaient pas faites ainsi auparavant. La conception de ces plaques implique de répondre à

des problèmes différents de ceux de la couverture traditionnelle (par exemple les joints, les points de rencontre du pan de mur et du canal d'écoulement des eaux, etc.) qui ne requièrent pas tant d'attention dans la couverture perméable. En outre, l'introduction de plaques imperméables rend plus difficile, voire empêche, l'évaporation, ce qui entraîne la perte de contribution de la terrasse au confort hygrothermique, et il peut même se produire des problèmes de condensation lorsque la vapeur est prise dans les zones froides.

Tout cela signifie que la solution de l'humidité due à des filtrations d'eaux de pluie requiert une connaissance en profondeur de la réalité constructive elle-même ainsi que typologique des bâtiments sur lesquels on souhaite intervenir. Elle exige aussi une étude en laboratoire des matériaux anciens et modernes pour découvrir leurs caractéristiques hydriques et rendre compatible leur usage avec les nouveaux besoins.

Par le mur

Une partie de ce qui a été dit ci-dessus pour la couverture est aussi applicable à l'étude des murs soumis à l'action de la pluie, ainsi qu'à la conception des éléments de protection nécessaires.

D'une part, la pluie qui tombe sur un mur produit une plaque d'égouttement et, d'autre part, elle est absorbée par les matériaux. L'équilibre entre la quantité d'eau absorbée et la quantité égouttée est une caractéristique des différentes solutions constructives et il répond, comme dans le cas de la couverture, à une pratique de nombreuses années (voire même de siècles), qui a adapté la construction aux matériaux disponibles et aux facteurs climatiques présents dans la zone. (Fig. 9)

Comme dans le chapitre précédent, la modification de ces pratiques sans connaissance de leur justification peut être la cause de l'échec.

Il faut aussi se souvenir qu'un mur détérioré n'est plus le mur qui a été construit en son temps. Par exemple : l'arrondissement des arêtes dans les pierres de taille peut modifier complètement la proportion d'eau absorbée par un mur, et exiger une intervention dans laquelle le rejointoiement n'est parfois pas suffisant, et le mur peut exiger une substitution de pierres ou un enduit.

Comme on peut le voir, l'analyse de l'incidence des eaux de pluie sur les bâtiments perméables est nécessaire pour une conception correcte des solutions, et elle n'admet pas le simple échange de « recettes » ou de solutions-types. Mais cette difficulté se convertit pour nous en une source d'intérêt et son étude, en un réservoir de connaissances.



9

Consolidation des monuments de grès du site du patrimoine mondial de Pétra

Ziad AL-SAAD
Docteur en Conservation et en Archéométrie
Doyen de la faculté d'Archéologie et d'Anthropologie
de Yarmouk University, Irbid, Jordanie

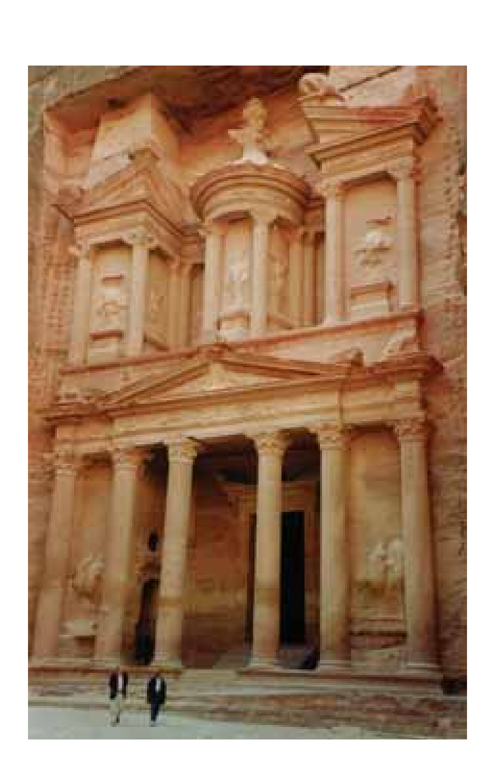
Fandi WAKED
Architecte
Faculté d'Archéologie et d'Anthropologie de Yarmouk University, Irbid, Jordanie

1 Abstract

Le but principal de cette recherche est l'évaluation de l'effectivité d'un certain nombre de produits consolidants du grès. La méthodologie de la présente recherche est basée sur des tests de laboratoire devant permettre d'évaluer la mesure dans laquelle différents préservateurs répondent à des conditions prédéterminées.
Quatre types de produits ont été sélectionnés pour cette étude. Il s'agit de variations d'esters d'acide salicylique et de produits à base de silicate. Des échantillons de grès du site du patrimoine mondial de Pétra ont été traités par ces produits consolidants puis testés par une série de tests standard de laboratoire.

2 Introduction

Située dans la Jordanie actuelle et cachée au beau milieu de montagnes presque impénétrables à l'est de la vallée qui relie le golfe d'Aqaba et la mer Morte, se trouve l'ancienne ville de Pétra, l'un des sites archéologiques les plus éblouissants visuellement au monde avec des monuments de grès absolument spectaculaires. Du fait de sa très grande importance, Pétra a été inscrite sur la liste du patrimoine mondial dès 1985.
Les signes de dégradation sur les monuments du site du patrimoine mondial de Pétra, qui ont été taillés dans la roche, sont nombreux et alarmants. On considère que plus de 80 % des façades délicatement ciselées et décorées ont été perdues pour toujours. Depuis que les Nabatéens ont quitté Pétra pour ne plus y revenir, tous les bâtiments de la ville ont commencé à se dégrader et les monuments de pierre ont été réintégrés dans le cycle de la nature et laissés sans protection vis-à-vis des forces de l'érosion et de la dilapidation. La menace de nouvelles pertes du tissu ainsi que de détails architecturaux irremplaçables est imminente et réelle. En conséquence, des mesures urgentes de conservation devraient être mises en œuvre pour freiner la détérioration ainsi que la réduction de cet important patrimoine culturel mondial.
Il serait terriblement irresponsable d'appliquer des matériaux n'ayant pas fait leurs preuves à des constructions d'une importance et d'une valeur historiques comme celles de Pétra. Toutefois, ces constructions ont le plus urgent besoin de traitement. En conséquence, des procédures fiables pour une évaluation rapide des préservateurs ainsi que des produits



Pétra (Jordanie)

consolidants potentiels sont tout à fait essentielles.
Il n'existe pas de préservateur ou de produit consolidant universellement applicable. Toutefois, avec l'aide d'un programme de tests préalables, le risque de prendre des mesures non souhaitables est minimisé.
Des tests de laboratoire sont importants parce les expérimentations ne peuvent pas être menées avec les objets eux-mêmes. Les scientifiques doivent conclure sur la base de simples modèles pour une situation complexe sur un monument. Mais le fonctionnement des matériaux sur un monument et la réponse de ces mêmes matériaux à l'influence environnementale sont tellement différents que tous les problèmes de conservation ne peuvent pas être anticipés au cours d'une expérience de laboratoire seule sans un test de terrain (Snethlage *et al.*, 1990). En conséquence, un test *in situ* doit être mené parallèlement au programme de tests de laboratoire.
Lorsque l'on souhaite étudier un produit pour un problème particulier que l'on doit appliquer à un certain type de pierre, il est

essentiel de faire une série de tests prenant en considération la nature de la pierre, son comportement à l'érosion ainsi que le but ultime du processus de conservation. Les tests sont menés sur des échantillons de pierre traitée en comparaison avec des échantillons de pierre non traitée.
On doit remarquer que le test des méthodes de conservation n'a qu'une signification exclusivement comparative. Avant tout, on doit considérer le fait que les simulations menées en laboratoire ne sont que des approximations des mécanismes naturels de détérioration. Ce projet est basé sur la conception d'un régime de tests qui pourrait être utilisé effectivement pour évaluer une série de produits consolidants et de préservateurs de pierre commercialement disponibles et qui seraient prometteurs. Le but est de sélectionner les matériaux convenables qui peuvent être utilisés pour protéger les monuments menacés et érodés de Pétra.

3 Critères de performance

Lorsque l'on fait le choix du produit consolidant le plus adapté à un traitement particulier, divers facteurs doivent être pris en considération (Amoroso et Fassina 1983 : 244). Sur la base de l'expérience et de la connaissance accumulées au cours des ces dernières décennies, il y a presque un consensus quant aux conditions que doit remplir un produit consolidant de pierre. Il s'agit de :

1. l'augmentation de la force cohésive de la pierre traitée ;
2. l'obtention d'une pénétration substantielle de la pierre traitée, accompagnée du dépôt du produit consolidant dans toute l'épaisseur de la zone érodée de la pierre ;
3. l'absence d'interactions délétères chimiques ou physiques entre le produit consolidant et la pierre ;
4. la création d'un profil de dureté continu ;
5. un faible coefficient d'expansion thermique ;
6. la compatibilité avec la nature de la pierre ;
7. la perméabilité à la vapeur d'eau / l'imperméabilité à l'eau (le cas échéant) ;
8. la facilité d'utilisation ;
9. la sécurité et l'économie de l'utilisation (tant pour le travail que pour le matériau ;
10. l'effectivité à long terme.
   (Torraca, 1988 : 87), (Price, 1975 : 352), (Amoroso et Fassina, 1983 : 243), (Clifton, 1984 : 153-54), (Weber et Zinsmeister, 1990 : 54), (Weber, 1980 : 379).

4 Matériaux et méthodes

4.1- Produits consolidants

Quatre produits consolidants pour la pierre disponibles sur le marché ont été sélectionnés dans le cadre de cette étude.
Trois des produits consolidants sont basés sur les esters d'acide salicylique : Wacker OH, Wacker H et Funcosil ; le quatrième étant Befix qui est un produit basé sur le silicate (Remmers : 1995 ; Sanotec : 1995 ; Wacker-Chemie : 1995). Les produits ont besoin soit d'eau soit d'un solvant, et ils ont été appliqués à la brosse ou à l'aide d'un spray à des morceaux ou à des cubes du cœur de la roche de grès prélevés dans une carrière de Pétra.

4.2 Programme de test en laboratoire

Les méthodes de test en laboratoire décrites ci-dessous ont été utilisées dans cette étude.

4.2.1 Valeur d'assimilation du produit consolidant (profondeur de pénétration)
Le but principal de ce test est l'évaluation des propriétés de pénétration d'un produit de consolidation. Des échantillons de 4,1 cm de diamètre et de poids connu ont été utilisés dans ce test. Les produits consolidants ont été additionnés à la pierre par la méthode de capillarité montante. Les échantillons ont été placés chacun sur une éponge saturée de l'un des différents produits consolidants. L'augmentation de poids ainsi que la hauteur de montée du produit consolidant ont été enregistrés comme une fonction du temps. Les lectures ont été faites après 30, 60, 120, 300, 600, 1200, 1800 et 2400 secondes.

4.2.2 Valeur d'assimilation de l'eau par capillarité
Pour effectuer des mesures d'absorption de l'eau, quinze échantillons de 4,1 cm de diamètre de différentes longueurs et de poids connu ont été utilisés. Les tests ont été effectués conformément à la norme DIN 52617. Les échantillons ont été traités avec les différents produits consolidants par aspersion à l'aide d'un spray. Quelques échantillons non traités ont été conservés comme témoins. Chaque échantillon de test a été placé individuellement sur une sorte de tampon saturé d'eau pour permettre à l'eau de pénétrer depuis la surface inférieure des échantillons par succion capillaire. Après 30, 60, 120, 300, 600, 1800, 2400 et 6000 secondes le niveau ainsi que la quantité d'eau absorbée ont été mesurés et enregistrés par augmentation de hauteur et de poids.

4.2.3 Absorption d'eau par immersion totale
Des échantillons non traités et traités du grès de Pétra ont été immergés dans l'eau. L'absorption d'eau représentée par le pourcentage de gain de poids a été enregistrée après 10, 30, 60 minutes et après 24 heures. La valeur à 10 minutes et la capacité



Pétra (Jordanie)



Pétra (Jordanie)



Pétra (Jordanie)

initiale d'absorption donnent un aperçu du comportement de la pierre quant à l'absorption dans la phase initiale d'une averse.

4.2.4 Perméabilité à la vapeur d'eau
Pour effectuer ce test, six échantillons ont été utilisés. De chaque échantillon, deux tranches, d'une épaisseur de 7 et de 10 mm, l'une pour la coupe sèche, l'autre pour la coupe humide, ont été prélevées. Le test a été mené conformément à la norme DIN 52615.

4.2.5 Test de cristallisation du sel
Ce test a été mené conformément à la norme DIN 5211. Cinq échantillons ont été utilisés pour ce test. Des échantillons traités et non traités ont été immergés dans une solution de sulfate de sodium pendant 16 heures. Les échantillons ont ensuite été retirés de la solution et chauffés dans un four pendant 5 à 7 heures à une température de 110 ºC. On considère qu'un cycle est constitué d'une procédure d'immersion suivie d'une période de chauffage. Les spécimens ont été soumis à une série de cycles ; après chaque cycle, ils ont été examinés visuellement et leurs pertes de poids ont été enregistrées.

4.2.6 Mesures de la résistance à la compression
Des mesures de la résistance à la compression ont été effectuées conformément à la norme DIN 1164. Les produits consolidants testés ont été appliqués pour doubler des spécimens de prisme de pierre de 65 x 150 x 25 mm. Des spécimens doublés de prisme de pierre non traités ont aussi été testés. La résistance à la compression a été mesurée sous une presse hydraulique (compression maximum 10 t). (Sattler, L., et Snethlage, R. : 1990)

4.2.7 Resistance au dommage dû au gel et au dégel
Ce test a été effectué pour évaluer l'effectivité des différents traitements de consolidation pour améliorer la résistance de la pierre aux dommages dus au gel et au dégel. Les tests ont été effectués en suivant les méthodes indiquées dans la procédure A de la méthode ASTM C 666. Des échantillons traités avec différents produits consolidants en même temps qu'un échantillon témoin non traité ont subi des cycles d'élévation et de baisse de températures situées entre -18 ºC et 22 ºC avec un cycle horaire de 4 heures.

5 Résultats et discussion

Les profondeurs de pénétration des solutions de Wacker H, de Wacker OH, de Funcosil OH, et de Befix concentré (1:1 Befix, 1:3 Befix et 1:6 Befix) dans les échantillons de grès ont donné des variations qui se sont situées entre 57,50 mm et 27,00 mm. La meilleure pénétration a été obtenue par le produit Wacker H suivi

du produit Wacker OH. Cela est dû, pour l'essentiel, à leur faible viscosité et à leur poids moléculaire bas.
Les valeurs d'assimilation d'eau par capillarité des différents échantillons de pierre non traitée étaient élevées et variées ; en effet, elles allaient de 3,26 à 7,69 kg/$m^2h^{0.5}$. Cela est dû, pour l'essentiel, à la différence de nature du grès qui peut avoir différentes porosités, ainsi qu'à l'étendue de l'érosion que les pierres ont subi. Tous les produits consolidants ont réduit l'absorption d'eau par capillarité dans des mesures différentes. Les coefficients d'absorption d'eau calculés indiquent que l'ordre de réduction était : Wacker H = Befix 1:1 > Befix concentré > Wacker OH > Funcosil OH > Befix l:3 > Befix 1:6 > non traité. Le produit Wacker H donne un effet d'imperméabilité à l'eau dû pour l'essentiel à ses composants alkoxysilanes. Les alkoxysilanes ont l'avantage de donner à la pierre un degré d'imperméabilité à l'eau grâce à leur groupe alkyl qui est un groupe méthyle dans la plupart des cas (Larson J. H. S. : 1982). Des mélanges d'ester silicique et de méthyltrialkoxysilane sont effectués dans la pierre par un processus de condensation aussi bien pour consolider la surface de la pierre friable que pour la protéger en la rendant imperméable à l'eau. Le produit Befix est une solution aqueuse consistant en une partie organique et une partie de silicate réactif. La partie de silicate réactif réagit aux ions de calcium et de magnésium dissouts de la surface de la pierre pour former un nouveau composé de silicate compact et stable qui, avec sa partie organique, donnera un effet hydrophobe.
Grâce à la perte de poids avec le temps dans l'expérience de la coupe humide et à l'augmentation de poids dans l'expérience de la coupe sèche, la diffusion de la vapeur d'eau a pu être calculée en kg/m^2.
L'échantillon non traité a une perméabilité élevée à la vapeur d'eau qui se manifeste par son faible coefficient de résistance à la diffusion. Il est tout à fait évident, au vu des résultats, que le traitement de la pierre avec les différents produits consolidants permet d'obtenir une baisse de la perméabilité de la pierre. Toutefois, les résultats de la baisse de la perméabilité due au traitement ne sont pas remarquables. La plus grande baisse de perméabilité à la vapeur d'eau a été causée par le traitement avec le produit Wacker H (28 %) alors que la plus faible baisse a été due au traitement avec le produit Funcosil OH (8 %). Le traitement avec les produits Wacker OH et Befix 1:6 ont permis d'obtenir une baisse presque semblable dans les deux cas, de 8 % et 10 % respectivement.
Les résultats obtenus montrent que le traitement avec le produit Befix a donné la plus grande augmentation de la résistance à la compression, alors que le traitement avec le produit Wacker OH a donné l'augmentation la plus faible. Toutefois, il est tout à fait évident que les produits consolidants de pierre testés ont été effectifs quant à l'augmentation de la résistance à la compression. L'augmentation de la résistance à la compression des échantillons traités avec les produits Wacker H, Wacker OH et Funcosil OH est tout à fait comparable. Ceci est dû au fait que les produits consolidants contiennent des esters d'acide salicylique comme composants réactifs qui sont responsables de la consolidation de la pierre. Les esters d'acide salicylique agissent comme des produits consolidants de la pierre en déposant un gel de silice, qui est un liant naturel de la pierre, dans les pores de la pierre érodée. Ce dépôt mène ensuite à une amélioration de sa force de cohésion. Le produit Befix donne sa force de consolidation par un mécanisme différent. Sa partie inorganique réactive réagit avec les ions de calcium et de magnésium dissouts de la pierre érodée. Ceci a pour résultat la formation de nouveaux composants de silicate stables.
L'échantillon traité avec le produit Funcosil OH a présenté la plus grande résistance à la cristallisation des sels. Toutefois, il a souffert du développement de microfissures et d'une réduction en poudre. La plus faible durabilité a été présentée par l'échantillon traité avec le produit Wacker OH alors que la meilleure résistance a été présentée par l'échantillon traité avec le produit Funcosil OH. Ce résultat est curieux parce qu'aussi bien le produit Wacker OH que le produit Funcosil OH sont pour l'essentiel des silicates d'éthyle. Toutefois, il semble que pour obtenir des résultats comparables des deux traitements avec le produit Wacker OH ceux-ci devraient être renouvelés après un certain temps.

Conclusion

Les résultats obtenus démontrent que les produits consolidants de pierre testés ont des capacités de consolidation acceptables mais variables. Il n'y a de tendance constante pour aucun des matériaux testés. Dans certains tests, un produit peut donner un résultat très positif. Cela ne correspond pas à tous les tests dans lesquels des résultats positifs sont obtenus. Tous les produits consolidants testés ont leurs mérites mais aussi leurs défauts. Il est tout à fait évident que le produit consolidant parfait et universel qui pourrait résoudre tous les problèmes n'existe pas. Par exemple, les produits consolidants appliqués comme solutions basiques (Wacker OH, Wacker H et Funcosil OH) ont en général une meilleure profondeur de pénétration que ceux qui sont appliqués comme solutions aqueuses (Befix). D'autre part, l'utilisation de solvants hautement volatiles et inflammables, tout spécialement dans des climats chauds, peut avoir de sérieux impacts négatifs sur les humains de même que sur l'environnement. En outre, l'évaporation des solvants entraîne à la surface de la pierre une considérable quantité du produit consolidant ce qui, en conséquence, affaiblit son efficacité.
Les produits consolidants ayant des effets hydrophobes (Wacker H et Befix) ont de meilleures capacités quant à la réduction de l'assimilation d'eau de la pierre lorsqu'on les compare avec les

autres produits consolidants. Ces matériaux, d'autre part, réduisent dans une mesure légèrement plus grande la perméabilité à la vapeur d'eau de la pierre. Si l'on considère les exemples mentionnés auparavant, il est évident qu'une évaluation des résultats quant à la durabilité du traitement est très difficile à effectuer parce que plusieurs facteurs s'influencent mutuellement. L'importance d'un seul facteur peut difficilement être quantifiée ; une performance différente du traitement peut affecter un ensemble de caractéristiques pouvant aller de l'imperméabilité optimisée à l'eau à la capacité d'absorption du matériau non traité. Les mêmes effets peuvent être causés pour des pierres hétérogènes, l'influence principale présentant des variations en fonction de la distribution des diamètres des pores. La conclusion principale de cette étude est que, même s'il n'existe aucun produit consolidant de la pierre qui pourrait satisfaire et répondre à toutes les conditions, le fait d'employer des produits consolidants pour la pierre durement érodée et menacée est de très loin mieux que ne rien faire. Ceci n'est vrai cependant que si un soin extrême est pris pour optimiser toutes les variables impliquées. Chaque objet et chaque matériau présente des problèmes particuliers auxquels on doit répondre en fonction des circonstances. Ceci ne peut être fait que par une conception soignée des programmes de tests *in situ* en utilisant les résultats obtenus par les programmes de tests de laboratoire.

Références

Snethlage, R., Wendler, E., et Sattler, L. (1990), *The Application of Laboratory Processes and Studies to Real Structures*, Proc. Sympo. "Analytical Methodologies for the Investigation of damaged Stones", du 14 au 21 septembre 1990, Pavie, Italie.

Amoroso, S., et Fassina, V. (1983), *Stone decay and conservation, Materials Science Monographs*, 11, Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.

Price, C. A. (1975), *The Decay and Preservation of Natural Building Material, Chemistry in Britain*, 350-353, 11(10).

Clifton, J. R. (1984), *Adhesives and Consolidants*, réimpression de contributions au Congrès de Paris du 2 au 8 septembre 1984 (éd. N.S. Brommelle, Elizabeth M. Pye, Perry Smith et Garry Thomson), International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Londres, Angleterre, p. 151-155.

Torraca, G. (1988), *Porous Materials. Building Materials Science for Architectural Conservation*, troisième édition, Rome, Italie.

Weber, H. et Zinsmeister, K. (1990), *Conservation of Natural Stone*, Expert Verlag, Ehningen, p. 53-84.

Weber, H. (1980), *Stone renovation and consolidation using silicones and silicic esters*. Wacker-Chemie Gmbh, Munich, Allemagne, p. 385-375.

Remmers (1995), *Funcosil Facade Protection and Restoration Systems*, Remmers Bauchemie GMBH, Allemagne.

Sanotec Austria (1995), *Innovation, Research and Development for the Protection of the Environment*, *Special Products for Buildings, Construction, Preservation and Treatment,* rapport Sanotec Austria Technical, Autriche.

Wacker (1995), *Wacker Silicones for Masonry Protection*, Wacker-Chemie GmbH, Allemagne.

Sattler, L., et Snethlage, R. (1990), Durability and Stone Consolidation Treatments with Silicic Acid Ester, Proc. Sympo. "Analytical Methodologies for the Investigation of damaged Stones", du 14 au 21 septembre 1990, Pavie, Italie.

Traiter et protéger le bois

Joaquín MONTÓN
Architecte technique
Professeur au département des Constructions architecturales II,
de l'École polytechnique supérieure de l'édification de Barcelone
(Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Comme nous l'avons dit, le bois se dégrade sous l'action des agents biotiques et abiotiques dont l'attaque peut aller jusqu'à le détruire entièrement.
On peut agir pour l'éviter. En premier lieu, on devra analyser les causes de la dégradation pour protéger le bois correctement. On devra également tenir compte des caractéristiques du bois employé, de sa durabilité naturelle, de son imprégnabilité aux produits protecteurs, de l'emplacement de la pièce en bois (on le verra plus loin dans les classes de risque) et à partir de ces données, on pourra sélectionner le traitement le plus approprié.



Pulvérisation de poutres de bois anciennes avant leur remise en œuvre.

Classes de risque

Avant de passer aux traitements, on commencera par déterminer le risque auquel une pièce en bois est exposé dans une construction. La notion de classe de risque est associée à la probabilité qu'un élément en bois, structurel ou pas, subisse les attaques d'agents biotiques en fonction de sa mise en œuvre, présente ou future. L'humidité étant fondamentale dans la plupart des attaques biotiques, les classes de risque sont définies comme suit.

Classe de risque 1 : sans risque d'humidité. L'élément en bois massif est sous abri, protégé de l'intempérie et il n'est pas exposé à l'humidité. Dans ces conditions, le bois se maintiendra au-dessous de 20 % d'humidité. Il n'y a pas de risque d'attaques de champignons et ce n'est qu'occasionnellement que des attaques de termites ou d'insectes de cycle larvaire (vrillettes) pourront se produire.
Exemples : planchers en bois, escaliers, portes, éléments structurels en général éloignés de toute source d'humidité, structures à l'intérieur des bâtiments.

Classe de risque 2 : risque accidentel d'humidité. L'élément en bois est sous abri, protégé des intempéries mais il peut présenter occasionnellement un taux d'humidité supérieur à 20 % dans une partie de la pièce ou dans sa totalité, ce qui pourra favoriser le développement de champignons. Le risque d'attaque d'insectes xylophages est similaire au groupe précédent.
Exemples : bois humidifiés par des fuites d'eau dans les conduits, des infiltrations en toiture ou des structures de piscine couverte où l'humidité ambiante est importante en permanence avec des condensations occasionnelles.

Classe de risque 3 : risque d'humidité ambiante. L'élément structurel se trouve à nu, mais il n'est pas en contact avec le sol. Il est exposé à une humidification fréquente de sorte qu'il a toujours plus de 20 % d'humidité. Il est prédisposé à l'apparition de pourritures et à l'attaque d'insectes xylophages.
Exemples : menuiseries extérieures, ponts réservés aux piétons ou aux voitures, pergolas, mobilier urbain.

Classe de risque 4 : risque d'humidité permanente. L'élément en bois est en contact avec le sol ou immergé en eau douce ; il est donc exposé en permanence à une humidification supérieure à 20 %, d'où un risque permanent de pourriture et d'attaques de termites.
Exemples : constructions immergées en eau douce et poteaux en contact direct avec le sol, clôture, pieux, traverses de chemin de fer.

Classe de risque 5 : contact permanent avec l'eau de mer. Situation dans laquelle le bois structurel est en contact permanent avec de l'eau salée. Dans ces circonstances, le bois a toujours plus de 20 % d'humidité, d'où le risque d'attaque par des agents biotiques marins dans les parties submergées et toute sorte d'attaques biotiques dans les parties non submergées très humides.
Exemples : constructions en contact avec l'eau salée, jetées, pilotis, etc.

Durabilité naturelle et imprégnabilité

La durabilité naturelle est la propriété de résistance intrinsèque du bois aux agents destructeurs déjà cités. Certains bois sont très durables, d'autres le sont beaucoup moins.
L'imprégnabilité est la capacité du bois à absorber un liquide à l'intérieur. Le bois d'aubier est plus facilement imprégnable que le duramen. Certains bois sont très faciles à imprégner, d'autres ne le sont pas.

Produits protecteurs

Ce sont des produits qui, appliqués au bois, ont des propriétés insecticides et fongicides. On peut aussi englober les produits de protection contre les agents atmosphériques et contre le feu.
Les traitements diffèrent selon les cas et tous les produits ne sont pas équivalents. Il faudra donc choisir, dans chaque cas, le produit approprié et la bonne méthode d'application.

Caractéristiques des produits protecteurs
Les caractéristiques idéales des protecteurs du bois peuvent se résumer de la manière suivante :

1. Ils seront toxiques pour les champignons et les insectes (insecticides et fongicides) mais non toxiques pour les personnes et les animaux à sang chaud ;
2. Ils auront un pouvoir résiduel important qui sera résistant au délavage, à l'évaporation ou à la sublimation ;
3. Ils seront chimiquement stables pendant longtemps ;
4. On les trouvera facilement et en abondance sur le marché ;
5. Leur emploi ne présentera pas de risques particuliers ;
6. Ils seront faciles à appliquer ;
7. Ils ne seront pas corrosifs pour les métaux ;
8. Ils pénètreront bien dans le bois ;
9. Ils n'augmenteront pas l'inflammabilité du bois ;
10. Après leur application, le bois pourra être peint ou verni ;
11. Ils ne dégageront pas de mauvaises odeurs ;
12. Ils seront incolores si l'on veut que le bois traité conserve sa teinte naturelle.

Aucun produit protecteur ne réunit toutes les qualités précédentes. Il conviendra donc de choisir les plus utiles et les plus appropriés à chaque cas particulier.

Types de produit protecteur
Protecteurs hydrosolubles. Ce sont des mélanges de sels minéraux dissous dans de l'eau, qui utilisent l'eau comme véhicule pour pénétrer dans le bois. Leur concentration varie en fonction du niveau de protection souhaité. Les procédures d'application utilisées doivent assurer la pénétration en profondeur, comme l'autoclave. On les applique sur le bois humide ou mouillé pendant le traitement, ce qui implique un séchage postérieur qui peut faire apparaître des déformations et des gerces. Ces produits teignent généralement le bois.
Protecteurs hydrodispersables. Ce sont des mélanges de principes actifs non solubles dans l'eau, auxquels on ajoute un agent émulsifiant. Les principes actifs sont des composés organiques. Ces méthodes apportant une pénétration superficielle, on les applique habituellement par badigeonnage, par pulvérisation ou par immersion brève.
Ce sont des produits intermédiaires entre les protecteurs hydrosolubles et les produits contenant un dissolvant organique. On les applique sur le bois humide ou mouillé pendant le



Pulvérisation superficielle de pièces de bois de faible épaisseur.



Pulvérisation superficielle d'un nœud structurel.

traitement, ce qui implique un séchage postérieur. Le bois traité avec des protecteurs hydrodispersables ne change généralement pas de couleur et il admet donc une finition postérieure. Ils sont compatibles avec les colles, ne sont pas corrosifs pour les métaux ni pour les matières plastiques. L'inflammabilité du bois n'augmente pas et les éléments en contact avec le produit ne sont pas tachés.

Protecteurs contenant un dissolvant organique. Ils contiennent des composés organiques de synthèse et utilisent un dissolvant organique pour pénétrer dans le bois. Ces produits traitent le bois superficiellement et en profondeur. Ils ont un pouvoir de pénétration très important et s'appliquent aussi bien au bois neuf qu'au bois déjà en œuvre, mais toujours sur du bois sec (moins de 20 % d'humidité). Ils ne teignent pas le bois. Certains de leurs principes actifs –DDT, dieldrine, lindane– de même que le dissolvant organique sont peu respectueux de l'environnement et parfois très toxiques.

Protecteurs organiques naturels. Ce sont des dérivés de la distillation du goudron de houille (créosotes), de bois ou de la pyrolyse du pétrole. De par leurs caractéristiques, les systèmes d'application les plus appropriés sont ceux qui utilisent l'immersion chaude ou froide et sous pression en autoclave. Ils sont très efficaces contre les agents xylophages du fait de leur haute toxicité ; ils se fixent bien dans le bois (ce qui prolonge l'effet du traitement) et ne sont pas corrosifs pour les métaux. Ils dégagent de mauvaises odeurs pendant un certain temps, tachent le bois en surface et n'admettent pas de finition immédiatement postérieure. À cause de leur odeur et de la toxicité de certains composants, leur emploi est interdit à l'intérieur ; par contre, ils sont très intéressants pour traiter le bois en contact avec la terre, comme les traverses de chemin de fer et les poteaux.

Types de protection contre les agents biotiques

Les types de protection du bois en fonction de la profondeur de pénétration du produit sont classés comme suit :

Protection superficielle : elle correspond à une pénétration moyenne du protecteur de 3 mm, avec un minimum de 1 mm en tout point de la surface traitée. Les traitements sont à appliquer par badigeonnage, par pulvérisation ou par immersion brève. Les produits appropriés sont les hydrodispersables et ceux qui contiennent des dissolvants organiques.

Protection moyenne : elle correspond à une pénétration moyenne de plus de 3 mm, sans arriver à 75 % du volume imprégnable. Les méthodes de traitement appropriées sont l'immersion prolongée et certains traitements en autoclave. Les protecteurs utilisés sont les sels hydrosolubles et les protecteurs qui contiennent des dissolvants organiques.

Protection profonde : elle correspond à une pénétration moyenne du protecteur supérieure ou égale à 75 % du volume. Les systèmes d'application sont en autoclave de type vide-pression.

Comme on le voit, la plupart des systèmes d'application –immersion brève ou prolongée– et les systèmes en autoclave ne conviennent qu'au bois neuf, de substitution ou aux éléments que l'on peut démonter pour les traiter.

Pour résoudre les problèmes qui se posent dans la réhabilitation, sur le bois déjà en œuvre, il est préférable d'utiliser l'application au pinceau ou la pulvérisation et, pour des pénétrations profondes, l'injection avec ou sans pression.

Dans le tableau suivant, nous indiquons le type de protection exigé en fonction de la classe de risque.

Classe de risque	Type de protection
1	Aucune (protection superficielle recommandée)
2	Superficielle (protection moyenne recommandée)
3	Moyenne (protection profonde recommandée)
4	Profonde
5	Profonde

Types de traitement protecteur

On appelle traitement toute application d'un produit protecteur du bois, selon la procédure appropriée, pour empêcher l'attaque d'agents de dégradation (traitement préventif) ou bien éliminer les agents qui l'ont déjà attaqué (traitement curatif).

On peut les appliquer sur le bois avant ou après sa mise en œuvre. Les traitements peuvent être préventifs ou curatifs.

Traitements préventifs

Ils s'appliquent sur le bois humide ou sec, avant ou après la mise en œuvre, pour éviter l'attaque d'agents destructeurs biotiques ou abiotiques.

Bois avant la mise en œuvre

- Traitement superficiel par immersion brève
- Traitement superficiel par pulvérisation ou aspersion
- Traitement superficiel avec pinceau
- Traitement en profondeur par immersion prolongée
- Traitement en profondeur par double vide
- Traitement en profondeur par imprégnation sous pression en autoclave

Bois déjà en œuvre

- Traitement superficiel par pulvérisation ou aspersion
- Traitement superficiel avec pinceau
- Traitement en profondeur par injection sous pression

Traitements curatifs

Ce sont des traitements spécifiques pour les bois, neufs ou vieux, déjà attaqués par des organismes xylophages. Ils ont pour finalité d'éliminer l'agent agresseur (agents biotiques), de freiner la détérioration amorcée par les agents abiotiques et de protéger le bois contre de nouvelles attaques.
On n'appliquera des traitements curatifs qu'aux éléments en bois déjà mis en œuvre et attaqués.
Bois déjà en œuvre

- Traitement superficiel par pulvérisation ou aspersion
- Traitement superficiel appliqué au pinceau
- Traitement en profondeur par injection sous pression

Traitements spécifiques contre les agents biotiques

Traitement contre les champignons. On s'intéressera aux parties du bâtiment qui réunissent des conditions favorables à la manifestation de ces attaques, c'est-à-dire les zones à risque d'humidité, notamment les zones encastrées dans les murs ou en contact avec eux et avec le terrain. On effectuera dans ce cas un traitement curatif, en profondeur, par injection avec un protecteur contenant un dissolvant organique. Il faudra également éliminer la source d'humidité.
Traitement contre les insectes de cycle larvaire. Dans les endroits où l'on détectera une attaque d'une certaine intensité, on devra appliquer un traitement curatif, profond, par injection, et dans les autres parties susceptibles d'être attaquées, un traitement préventif superficiel suffira.
Insectes sociaux. Termites. Normalement, en traitant le bois en cas d'attaque de termites (*Réticulitermes*), on ne parviendra pas à éliminer la termitière qui se trouve généralement à une certaine distance du bâtiment. On essaiera donc d'isoler le bâtiment et

Type de traitement – Méthode de traitement – Type de protecteur

Classe de risque	Exposition humidification	Type de protection	Produits	Quantité appliquée	Méthode de traitement
1 Sans contact avec le sol Sous abri	Aucune	Pas nécessaire	–	–	–
		Recommandable Superficielle	Organiques Hydrodispersables	80-120 ml/m^2 80-120 ml/m^2	Pinceau Pulvérisation Immersion
2 Sans contact avec le sol Sous abri	Occasionnelle	Superficielle	Hydrosolubles	50 g/m^2 3,5 kg/m^3	
		Recommandable Moyenne	Organiques Hydrodispersables	250 ml/m^2 250 ml/m^2	Pinceau Pulvérisation Immersion
3 Sans contact avec le sol À l'extérieur	Fréquente	Moyenne	Hydrosolubles Produits double vide	3,5-10 kg/m^3 5-15 kg/m^3	Immersion autoclave Autoclave
		Recommandable Profonde	Hydrosolubles	3,5-14 kg/m^3	Autoclave
4 En contact avec le sol ou l'eau douce	Permanente	Profonde	Produits double vide Créosote Hydrosolubles	25 kg/m^3 – 8-15 kg/m^3	Autoclave Autoclave
5 En eau salée	Permanente	Profonde	Hydrosolubles	8-15 kg/m^3	Autoclave



Équipement personnel pour traitements chimiques.



Injection profonde à l'aide de perforations alternées.

d'éliminer les insectes qui se trouvent à l'intérieur. Les difficultés de ces opérations dépendront de la complexité de la construction. En premier lieu, on devra dresser une barrière chimique tout autour du bâtiment pour l'isoler, en injectant le produit insecticide dans le terrain et au pied des murs. On traitera ensuite en profondeur tous les bois : piliers, poutres, ferme, menuiseries des portes et fenêtres, etc. Ces traitements sont coûteux et très agressifs pour le bois.
Un nouveau traitement mis au point récemment donne, semble-t-il, d'excellents résultats. Il consiste à poser des appâts de cellulose traités avec un inhibiteur de la chitine. Ce traitement semble arriver à éliminer complètement la termitière. Il est moins agressif que le système traditionnel car il n'est pas nécessaire de percer le bois et de placer des valves à injection tous les 30 cm sur toutes les pièces ligneuses.

Traitements contre les agents de dégradation abiotiques

Traitements contre la photo-dégradation. On utilisera des vernis ou, mieux encore, des lasures, c'est-à-dire des produits huileux de finition du bois, neuf ou vieux, à pore ouvert. La principale caractéristique des lasures est qu'elles ne forment pas de pellicule à la surface du bois, d'où l'absence de dégradation. Leur action protectrice insecticide et fongicide est moins puissante que celle des fonds protecteurs, mais les pigments minéraux qu'elles contiennent (oxydes métalliques résistants à la photo-dégradation) réfléchissent les rayons ultraviolets responsables du grisaillement du bois.
Traitements contre le feu. On pourra intervenir par l'ignifugation profonde de produits qui réduisent l'inflammabilité, retardent la combustion comme le sulfate d'ammonium, le borax et quelques autres. Une autre possibilité consiste à recouvrir les bois de matériaux ayant un bon comportement au feu, tels que les peintures ignifuges ou intumescentes et le plâtre, entre autres, mais qui ont l'inconvénient de cacher le bois.

Les méthodes et les substances pour le traitement et la réparation des éléments de bois. Expériences égyptiennes

Wahid EL-BARBARY
Architecte
Directeur général des projets de secteur du Conseil suprême des Antiquités, Égypte

Les recherches qui ont été faites dans le traitement et la remise en état des éléments de bois en Égypte constituent des contributions remarquables à la longue expérience de la conservation de l'héritage de ces éléments. Parallèlement, elles ont permis de déterminer des méthodes ainsi que des solutions appropriées pour la restauration lorsque les éléments de bois ont été exposés à des facteurs de détérioration et de destruction tels que les facteurs chimiques, physiques, biologiques et environnementaux.
De ce fait, il est utile de connaître les principes de base que les restaurateurs égyptiens avaient l'habitude de prendre en compte et qui résultaient d'une longue expérience dans un domaine essentiel :

1. Effectuer le processus de réparation et de restauration uniquement pour les éléments qui ont vraiment besoin de ce processus et qui ont été exposés à la destruction ou à la perte de certaines de leurs parties ;
2. Effectuer une étude détaillée des différents aspects de la destruction avec une documentation précise du cas afin de déterminer les types de destruction ou de dommages ainsi que la manière dont ils affectent le cas ;
3. Effectuer les expérimentations préliminaires avec les substances utilisées dans le traitement sur un échantillon du même type de bois que l'élément historique ;
4. Utiliser de façon précise les nouvelles substances chimiques afin de s'assurer que les éléments de bois qui ont été traités ne seront pas à nouveau menacés à l'avenir ;
5. Disposer d'un spécialiste de la restauration très qualifié et possédant une longue expérience qui devra être choisi afin d'effectuer la restauration et la remise en état ;
6. Utiliser les toutes dernières technologies pour aider à effectuer le traitement ou la restauration dans les meilleures conditions.

Les dommages qui peuvent affecter les éléments de bois peuvent être résumés de la manière suivante :

1. Gauchissement ou fentes résultant directement des changements des contenus d'humidité suite à des modifications des conditions de l'environnement ;
2. Infection due aux insectes ou aux champignons.



Les meilleures méthodes de traitement du gauchissement et des fentes

1. Les méthodes mécaniques. Leur efficacité a été prouvée pour des bois d'une très faible épaisseur décorés à l'aide de substances ou non décorés. Le gauchissement et les fentes dans ces cas représentent d'importants dangers qui menacent les substances nourricières et risquent d'endommager les couleurs. Ces méthodes requièrent des périodes convenables dans de bonnes conditions pour éviter que l'élément ne gauchisse à nouveau dans le cas où il serait exposé aux mêmes conditions environnementales qui avaient constitué la cause précédente.

2. Les méthodes chimiques. Leur efficacité a été prouvée dans les cas où elles ont permis de conserver une quantité d'humidité interne à l'élément de bois comparable à la quantité d'humidité externe, de l'environnement, et ceci en utilisant des cires mélangées pour stabiliser ces cas de relation entre l'élément et son environnement. Il s'agit dans ces cas-là de renforcer l'élément de bois par l'application d'une peinture ou la réalisation d'injections en utilisant des huiles essentielles qui aident à faire baisser la quantité d'humidité dans le bois. Toutefois, les opérations d'injection ont plus de chance d'être couronnées de succès que la peinture parce qu'elles conservent la quantité d'humidité dans les parties principales du bois qui sont exposées aux fissurations causées par les tensions et les contraintes, et ce plus particulièrement par temps sec.
Les polymères (aux taux industriels mélangés dans des compositions organiques) sont aussi utilisés dans les parois des

cellules de bois d'éléments gauchis. Ces polymères peuvent être des produits au phénol-formaldéhyde, qui donnent les meilleurs résultats en stabilisant la forme du bois courbé, et ceci du fait de leurs qualités qui leur permettent d'atteindre la partie profonde des éléments de bois.

3. Le renforcement des éléments de bois affaiblis. Les restaurateurs tendent à utiliser des substances chimiques modernes du fait de leur efficacité sur le long terme pour conserver les éléments de bois. Toutefois, comme nous l'avons mentionné auparavant, il y a deux manières de renforcer les éléments de bois affaiblis :

1. La méthode mécanique ;
2. La méthode chimique.

La plupart du temps, il est suffisant d'utiliser les méthodes chimiques. Toutefois, dans certains cas, l'élément de bois requiert aussi un traitement mécanique, qui permet d'augmenter le degré de stabilité et de redonner de la force au corps de l'élément. Cela dépend en fait des conditions mêmes de l'élément de bois.

Traitement des éléments de bois infectés par des insectes

Premièrement : la résistance par les moyens naturels

La résistance dépend des facteurs climatiques qui permettront de faire cesser l'activité des insectes.

1. Chaleur
2. Lumière
3. Humidité
4. Pression atmosphérique

Deuxièmement : la résistance par les moyens mécaniques

1. Utiliser des pièges pour attirer les insectes.
2. Construire des barrières et des trous dans les lieux de passage des insectes.
3. Ramasser les œufs des insectes à la main.
4. Tuer l'hôte dont dépendent les insectes pour leur nourriture.

Troisièmement : résistance par les moyens chimiques

Cette méthode est considérée comme étant la meilleure. Il s'agit d'utiliser des pesticides ayant des caractéristiques spéciales qui comprennent l'effet continu pour une période convenable, et qui ne sont pas dangereux pour l'élément de bois. L'utilisation de cette méthode doit durer au moins deux années consécutives pour s'assurer que les insectes ont bien été exposés au produit à tous les stades de leur développement.

Cette méthode chimique de résistance est utilisée à l'aide de trois techniques concrètes :

1. La pulvérisation du pesticide à l'aide d'un pulvérisateur doté de pompes spéciales, lorsque l'usage d'une brosse est difficile ;
2. L'immersion dans le pesticide liquide ;
3. L'enfumage.

Traitement des éléments de bois infectés par des champignons

Les champignons sont eux-mêmes affectés par l'humidité, par les températures élevées ainsi que par la lumière dans l'environnement. Ces éléments affectent en effet leur capacité de génération. Les éléments de bois peuvent donc être enfumés en utilisant des pesticides. Il en existe deux catégories :

1. Les pesticides qui sont solubles dans l'eau ;
2. Les pesticides qui ne sont pas solubles dans l'eau ; et il est préférable d'utiliser ces derniers.

Les pesticides utilisés doivent remplir les conditions suivantes :

1. Ils doivent avoir une haute efficacité et un effet relativement long ;
2. Ils doivent être capables d'atteindre facilement les cellules des petits insectes ;
3. Ils ne doivent pas laisser de traces sur l'élément de bois traité.





III. Les Travaux




SALA 17
SALA 16

Outil 10
Les réalités du chantier

Outil 10
Les réalités du chantier

La réalité du chantier

José Manuel LÓPEZ OSORIO
Architecte
Expert en réhabilitation de bâtiments, Grenade, Espagne

« Attendre d'en savoir assez pour agir en toute lumière, c'est se condamner à l'inaction. » Jean Rostand

S'il est bien vrai que le développement du programme d'études préliminaires, la phase de réflexion et la rédaction appropriée du projet sont indispensables pour mener à bonne fin la réhabilitation d'un bâtiment traditionnel, nous ne saurions oublier que le véritable objectif du guide Rehabimed est de passer à l'action pour donner corps à la conservation matérielle de l'architecture traditionnelle méditerranéenne.

La phrase du scientifique et penseur français Jean Rostand suggère inévitablement la nécessité de passer à l'action pour concrétiser l'énorme développement des approches théoriques et des interminables débats sur les critères d'intervention qui n'atteignent pas toujours les objectifs visés.

Nous pensons que, compte tenu de la complexité ainsi que de la diversité de la réalité méditerranéenne, l'action est la garantie qui justifie la rédaction de cette méthode. Ce sera donc dans l'étape de l'exécution des travaux qu'il faudra intégrer les principes de la méthode Rehabimed et qu'il importera le plus, s'il en faut, d'adopter une vision réaliste, intégrante et flexible de celle-ci. Les phases et les étapes antérieures se soumettront à ce moment-là à une véritable preuve par le feu et à la nécessité d'absorber et d'assimiler le nombre incalculable d'imprévus susceptibles de se manifester dans le cours des travaux de réhabilitation.

Cette réalité est encore plus complexe, dans la mesure où ce guide prétend établir une méthodologie d'intervention dans les territoires du bassin méditerranéen qui, malgré des racines et des identités historiques communes, déploient un panorama varié et changeant, marqué par des différences culturelles et socioéconomiques qui conditionnent les manières d'intervenir.

L'exécution des travaux est tributaire de la matérialité existante ainsi que d'une série de circonstances techniques, administratives et économiques qui composent un univers hétérogène. Entreprendre des travaux de réhabilitation sur des bâtiments détériorés à l'intérieur d'un centre historique européen est très différent d'une intervention sur les villages touristiques des îles méditerranéennes, les ruelles étroites des médinas d'Afrique du Nord, les hameaux perdus de l'Atlas maghrébin ou les oasis dégradées des vallées pré-sahariennes.

Les circonstances changent selon que nous travaillons sur des ensembles urbains compacts ou des bâtiments disséminés à la campagne, où les difficultés d'accès, l'absence de main-d'œuvre qualifiée, la difficulté de trouver des matériaux de construction



La nouvelle architecture populaire combine les formes et les typologies traditionnelles avec les nouveaux matériaux disponibles actuellement. La Pobla de Benifassà (prov. de Castellón, Espagne).

appropriés ou simplement la complexité des démarches bureaucratiques constituent autant d'obstacles difficiles à surmonter pour exécuter des travaux de réhabilitation.

N'oublions pas non plus que la plupart des travaux de réhabilitation, d'agrandissement ou de modification qui sont entrepris dans le bassin méditerranéen, surtout dans les pays du Sud et en milieu rural, sont des actions informelles où la présence de techniciens n'est pas habituelle et où la demande des permis administratifs correspondants est généralement omise. Ces interventions spontanées, fruit de la nécessité directe de l'habitant, méritent néanmoins que l'on s'y attarde, soit à cause de leur pouvoir de destruction des formes et des matériaux traditionnels soit pour leur capacité d'évoquer la nouvelle réalité populaire qui met en crise la relation habituelle et directe entre l'architecture traditionnelle et l'architecture populaire.

Cette diversité de conditions peut perturber la linéarité de processus qui s'appuient sur des principes excessivement rigides ou éloignés de cette réalité constructive ou *déconstructive* dans l'architecture traditionnelle. La situation exige de définir une stratégie ouverte qui, tout en conservant une structure suffisamment claire et définie, permettra de procéder à des incorporations transversales qui ne dénatureront pas les objectifs initiaux de la méthode, comme l'épine dorsale d'un poisson qui, tout en gardant sa forme stable, est toujours assez souple pour s'adapter aux conditions variables de son environnement.

Les critères d'intervention et les programmes définis *a priori* sont

généralement perturbés, une fois soumis à la réalité des travaux. L'exécution des travaux est le véritable champ de bataille où il n'est plus possible de regarder en arrière, si ce n'est pour tirer des leçons de nos erreurs et éviter de les reproduire à l'avenir. Une connaissance rigoureuse et préalable du bâtiment ainsi que de la réalité culturelle, légale, technique et socioéconomique de chaque région ou pays exige de fournir de plus gros efforts pour planifier des interventions correctes.

Ce paragraphe de la méthode prétend définir ainsi une série de concepts élémentaires qui pourront aider à établir des points de départ communs dans l'étape d'exécution des travaux de réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne.

Les transformations de l'architecture traditionnelle et la participation de l'habitant à la réhabilitation de son logement

De tous temps, expression spontanée et naturelle d'un peuple soucieux de son habitat, l'architecture traditionnelle s'est développée sans architecte. Des bâtiments construits sans projet avaient une aptitude naturelle à se transformer dès lors qu'il fallait les consolider, les modifier ou les agrandir pour suivre l'évolution du programme des besoins de leurs occupants.

La révolution industrielle, l'amélioration des communications et la disponibilité de nouveaux matériaux ont élargi l'éventail des possibilités techniques et formelles pour le constructeur local, qui est toujours le responsable de la construction ou de la modification de l'architecture traditionnelle. Néanmoins, le changement des conditions de départ, avec l'apport de nouveaux concepts structuraux et typologiques ne reposant plus sur les fondements de la tradition locale ni sur les principes de son organisation économique et sociale, modifie substantiellement le résultat final ainsi que l'image de la nouvelle architecture populaire qui, si elle répond bien aux nouvelles circonstances de l'environnement, marque néanmoins une cassure, probablement définitive, avec les fondements de la tradition.

Le contexte actuel de l'architecture traditionnelle pratiquement partout dans le bassin méditerranéen est le siège d'un conflit manifeste entre deux concepts radicalement opposés : le milieu urbain et développé qui trouve des valeurs patrimoniales dans l'architecture traditionnelle, et la réalité du milieu rural contemporain qui souhaite moderniser son habitat en adoptant de nouvelles formes et de nouveaux matériaux, symboles de progrès et de modernité.

La réalité est que, jusqu'à une époque récente, la participation de l'usager à la construction et à la réhabilitation de son logement était une pratique habituelle dans la génération de l'architecture traditionnelle. Il serait nécessaire de conserver cette habitude et que la présence du bénéficiaire direct de l'intervention, aussi bien dans la phase de projet que dans celle de l'exécution des travaux, soit présentée comme l'une des clés de l'architecture populaire.

Il est néanmoins fréquent que les formes, les couleurs ainsi que les matériaux traditionnels, qui sont si appréciés dans la vision contemporaine du monde traditionnel, ne le soient pas dans celle de l'usager habituel. Faisant la moue devant la tradition qu'il associe au passé, celui-ci en fait le symbole d'un sous-développement qu'il cherche à dépasser et les prestations qu'il



L'utilisation de la couleur et la réutilisation des matériaux caractérisent l'architecture populaire. Quartier de la Chanca, Almería (Espagne).



Les vestiges muséifiés de l'architecture traditionnelle font partie du paysage urbain actuel et cohabitent avec la nouvelle architecture. Larache (Maroc)

attend d'un logement sont bien plus proches du logement urbain conventionnel, synonyme de progrès.

Pour citer un exemple concret, cela se traduit par la perte de valeur pour la population locale des empierrements traditionnels, normalement grossiers et réalisés avec des pierres de grandes dimensions, aujourd'hui remplacés par la pose de pierres plates pour faciliter l'accès et la circulation des voitures.

L'opinion de l'usager est sans aucun doute en vif contraste avec celle du visiteur occasionnel, du touriste de passage ou du nouveau venu au village, dans le cadre du tourisme vert ou d'un processus de gentrification dans un quartier historique. Ces nouveaux usagers deviennent souvent de nouveaux habitants et ils trouvent dans ces valeurs épidermiques de l'architecture les qualités qui en attestent l'authenticité. Le conflit est servi et la solution devra trouver la manière de satisfaire toutes les demandes, selon les conditions spécifiques au lieu, le caractère patrimonial ou exclusivement résidentiel du quartier ou de l'ensemble rural ; en définitive, il s'agira de savoir pourquoi et pour qui nous réhabilitons.

La présence de l'architecte, chargé depuis le Mouvement Moderne de résoudre des problèmes de logement, trouve dans l'architecture traditionnelle l'apparente contradiction d'avoir à ordonner ce processus. Sa participation à la recherche d'un équilibre entre la conservation des valeurs à préserver et la satisfaction des besoins actuels de l'habitant et de l'usager de l'architecture traditionnelle est un défi important.

Néanmoins, dans de nombreuses régions méditerranéennes, la présence de l'architecte est cantonnée aux processus de construction ou de réhabilitation de logements dans des contextes populaires, où le propriétaire, secondé d'un maçon, conçoit, finance et exécute les travaux sans projet préalable et, très souvent, sans le contrôle de l'administration. Les processus d'*autoconstruction* ou d'*autoréhabilitation* sont ceux où la participation de l'usager à la production de son propre logement est logiquement la plus élevée.

Le côté naturel de ces processus et l'implication personnelle dans la construction de leur habitat méritent notre attention ; c'est un phénomène qu'il convient de prendre en considération en introduisant, au besoin, quelques éléments qui le renforceront et l'ordonneront : la présence d'un architecte en tant que professionnel contribuant à reconduire le processus et la participation de l'administration publique au financement partiel des travaux en apportant les ressources économiques nécessaires au recrutement de techniciens et, en définitive, à l'amélioration de la qualité de l'intervention.

La normalisation de cette pratique est souhaitable, à condition de la voir non pas comme l'implantation de mesures qui en dénatureront les valeurs initiales, mais comme une stratégie vouée à les renforcer, en considérant l'*autoréhabilitation* comme un modèle possible dans notre environnement méditerranéen, dans des contextes patrimoniaux où les conditions socioéconomiques sont plutôt limitées. Pour mener à bien cette normalisation, il est très important une fois de plus que l'administration y soit sensible et qu'elle se montre capable de partager cette double vision. L'expérience a été menée, entre autres, dans le sud de l'Espagne où le gouvernement andalou a mis en place des programmes publics d'*autoconstruction* et de réhabilitation de logements, en




Dans les pays du sud de la Méditerranée une nouvelle porte métallique s'intègre dans l'architecture populaire ; sur la rive nord, la porte de bois traditionnelle devient un objet fossilisé d'un musée à l'air libre. Haut Atlas (Maroc) / Alpujarra (prov. de Grenade, Espagne).

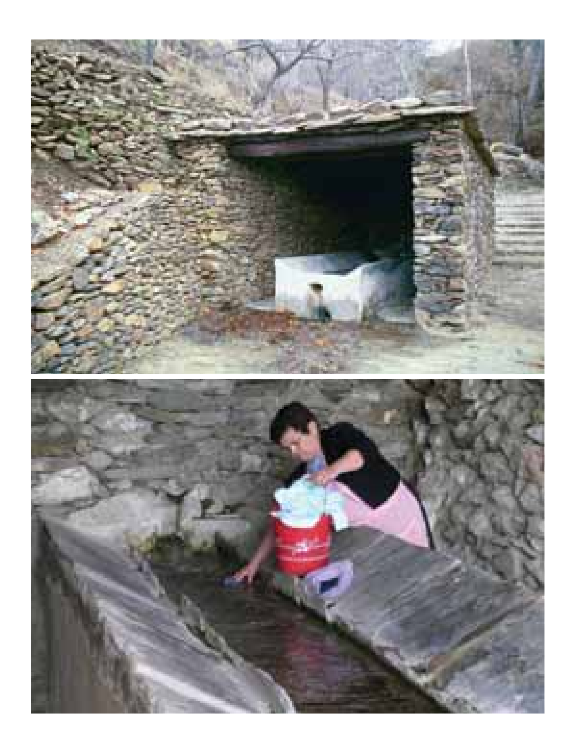


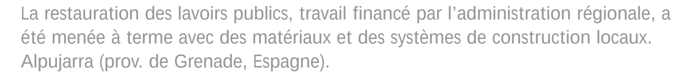
L'usage combiné des vêtements traditionnels et occidentaux présente la réalité sociale dans de nombreuses régions de la Méditerranée. Cette cohabitation est aussi manifeste dans l'architecture. (Syrie).

finançant les matériaux nécessaires à l'exécution des travaux et au recrutement des techniciens.
Les avantages associés sont nombreux. En effet, l'usager gère directement les travaux et fournit sa propre main-d'œuvre, ce qui permet de réduire les coûts et se traduit par une plus grande rentabilité sociale de l'investissement consenti. Les transformations futures et les travaux d'entretien en sont également facilités dans la mesure où l'usager a connaissance de l'emplacement des éléments structuraux, des installations, etc.
En principe, cette pratique est associée à de petites interventions. Or, les nécessités de réhabilitation exigent souvent des actions globales portant soit sur un ensemble important de constructions soit sur des bâtiments singuliers. Ces travaux sont généralement promus par l'administration locale ou par l'État et ils ont pour conséquence initiale d'être confiés à un seul entrepreneur qui sera, le plus souvent, étranger au site. Il arrive parfois que l'entreprise adjudicataire soit obligée d'embaucher des travailleurs habitant le quartier ou le village. Cette mesure présente de nombreux atouts sociaux en créant des emplois dans le village bénéficiaire et en contribuant à la qualification professionnelle des travailleurs. En contrepartie, les habitants apportent leurs connaissances de la culture constructive locale et leur participation aux travaux facilite les tâches d'entretien postérieures ou de réparation. Les expériences menées en ce sens n'ont pas été simples, vu les difficultés à trouver des travailleurs ayant un minimum de préparation professionnelle ou d'intérêt personnel. Néanmoins, il s'agit d'initiatives d'un intérêt indubitable qui méritent d'être encouragées.

Les agents impliqués dans l'exécution des travaux de réhabilitation

La gestion technique et économique des travaux de construction, quels qu'ils soient, exige la participation active des trois agents principaux : le promoteur ou l'usager du bâtiment, les techniciens qui dirigent les travaux et l'entreprise du bâtiment chargée de l'exécution des travaux. Néanmoins, les caractéristiques particulières des travaux de réhabilitation obligent à redéfinir ces figures et à établir de nouvelles manières de les mettre en rapport. L'occupant-propriétaire est la personne qui décide de réhabiliter son logement et qui finance les travaux initialement. L'administration participe cependant de plus en plus aux procédures de réhabilitation qui ont maille à partir avec des problèmes techniques et économiques plus importants que ceux de la construction conventionnelle et où certaines valeurs patrimoniales ne concernent pas seulement le propriétaire mais touchent aussi la collectivité. Elle intervient en jouant le rôle d'un




La restauration des lavoirs publics, travail financé par l'administration régionale, a été menée à terme avec des matériaux et des systèmes de construction locaux. Alpujarra (prov. de Grenade, Espagne).



Restauration du pavage grenadin en conservant la technique traditionnelle. Quartier de l'Albaicín à Grenade (Espagne).

promoteur, en fixant des mesures de protection et en allouant des fonds. La présence de ce nouvel agent est d'autant plus visible quand il s'agit de bâtiments singuliers ou d'équipements tels que des lavoirs publics, des greniers, des moulins, etc., dans lesquels l'usage et, très souvent, la propriété publique exigent clairement la participation de l'administration.

L'équipe technique, normalement formée par des architectes et des techniciens spécialisés, est chargée de la rédaction du projet, de la direction technique des travaux et de la gestion économique. Son rôle est fondamental pour mener à bien la planification et la rationalisation du processus. Néanmoins, les circonstances différentes qui confluent dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle exigent de plus gros efforts de la part des nouveaux responsables. Ils ne peuvent plus se contenter de participer techniquement, car un engagement plus sérieux est attendu d'eux ainsi qu'une plus grande disponibilité et il leur est demandé de passer du rôle traditionnel de spécialistes distants et étrangers au projet à celui de médiateurs entre le logement et le patrimoine, entre la réglementation et la réalité, entre le particulier ou l'administration qui les recrute et les besoins de l'occupant.

L'entrepreneur sera chargé de mener à bien l'exécution matérielle des travaux et il devra s'adapter aux caractéristiques spécifiques de ce type d'ouvrage. Dans ces cas, la présence de petites entreprises locales ou simplement d'un maçon compétent et fin connaisseur des systèmes constructifs et des matériaux locaux est la meilleure des solutions si l'échelle de l'intervention le permet. Or, la perte des métiers traditionnels dans la plupart des pays du bassin méditerranéen exige d'entreprendre des recherches pour récupérer les systèmes constructifs traditionnels, d'où l'importance extrême d'une collaboration permanente entre le constructeur et l'équipe technique.

Les trois figures décrites ne sont pas toujours parfaitement définies, ni absolument indépendantes ou autonomes, ce qui affecte sensiblement le modèle de gestion des travaux, en conditionnant substantiellement le projet d'intervention, les mécanismes de contrôle et le résultat final.

L'interaction nécessaire entre les différents agents impliqués devient donc une question à prendre en considération, surtout lorsque l'administration publique y participe ; elle se traduit parfois par l'éloignement du bénéficiaire direct de l'intervention. Cela exige de modifier les rôles établis, en considérant une nouvelle position plus exigeante pour tous, mais assortie sans aucun doute et en fin de compte de bénéfices plus avantageux. En d'autres occasions, la difficulté réside dans le fait qu'il s'agit d'interventions informelles qui échappent au contrôle de l'administration. Ce sera le cas de l'autoréhabilitation, où le propriétaire du logement, aidé du constructeur local, conçoit, finance et exécute les travaux sans l'assistance de techniciens, une



Restauration d'un mur de terre sur la rive nord de la Méditerranée, en utilisant la technique traditionnelle de construction. La Peza (prov. de Grenade, Espagne).



L'application d'une couche de plâtre sur l'armature de la couverture de bois avant de recevoir les tuiles constitue une technique traditionnelle qui est en cours de récupération dans les travaux de réhabilitation. Quartier de l'Albaicín à Grenade (Espagne).

circonstance encore commune dans certaines régions méditerranéennes et qui mérite d'être relevée.

L'administration publique, élément régulateur du processus

Dans les pays méditerranéens où la capacité économique et de gestion de l'administration publique lui permet de s'en charger, la promotion des travaux de réhabilitation de l'architecture traditionnelle est généralement encouragée par l'État.

L'exercice de la tutelle technique du processus suppose aussi de contribuer au financement intégral ou partiel des travaux. En général, cette contribution coïncide avec des programmes de protection ou de sauvegarde de secteurs urbains ou ruraux, raison pour laquelle l'administration impose des conditions spécifiques sur les critères d'intervention à retenir.

L'initiative publique est vouée à servir d'élément régulateur et stabilisateur du processus, où l'entropie du marché et l'intérêt privé peuvent produire des déséquilibres qui pèseront sur la conservation des valeurs de l'architecture traditionnelle. Or, certaines initiatives publiques non adaptées aux particularités locales n'aboutissent pas toujours aux résultats escomptés.

Dans certains cas, les intérêts de l'administration ne correspondent pas aux besoins réels des bénéficiaires directs de l'intervention et il est difficile de traiter ces questions sous forme de réflexions génériques ou systématisées qui exigent une attention personnalisée, difficile à appliquer à des interventions massives de réhabilitation.

Hélas, de nombreuses interventions publiques de revitalisation de centres historiques, entreprises ces dix dernières années, ont destiné leurs efforts à l'amélioration de l'image extérieure des bâtiments et, dans le sillage, à l'amélioration de l'image urbaine du quartier, au lieu de se soucier de satisfaire les véritables besoins de leurs habitants. Bien que cette tendance soit heureusement en voie de disparition, on a souvent assisté à la mise en place de programmes de réhabilitation destinés à des ravalements de façades ou à des restaurations d'éléments urbains qui se sont complètement désintéressés des problèmes de structures ou d'habitabilité, de sorte que rien n'a été entrepris à l'intérieur des bâtiments. Dans d'autres cas, le critère de la récupération de la typologie traditionnelle, initialement approprié, puis inévitablement perturbé par des divisions de logements, l'occupation de cours intérieures et de coursives ou par des agrandissements qui modifient le modèle original, est entré en conflit direct avec les besoins d'espace des occupants d'aujourd'hui.

Une autre question soulevée par les interventions entreprises par l'administration publique pointe sur la difficulté d'établir la limite entre une architecture à caractère patrimonial possédant des valeurs à préserver et une architecture où l'intervention vise à résoudre exclusivement des problèmes d'habitabilité élémentaire. Normalement, trois administrations sont impliquées : celle qui est chargée de la sauvegarde du patrimoine, celle à qui l'on a confié la promotion publique des logements et l'administration responsable des aspects sociaux. Dans l'architecture traditionnelle, il est difficile de définir la ligne de démarcation entre les différentes compétences et de savoir dans quelle direction orienter les priorités de l'intervention ou assigner les ressources économiques disponibles. Cela a d'ailleurs occasionné de nombreux conflits dans les expériences menées à terme.

La présence publique doit être bien reçue dans tous les cas. En effet, dans des contextes économiquement actifs, il est prouvé qu'un investissement limité mais bien canalisé, consenti par l'État, est capable d'encourager l'investissement privé. Dans des contextes plus restreints, l'intervention se termine avec l'épuisement des ressources de l'administration, ce qui laisse à sa discrétion le compromis final de l'intervention et des résultats.

La formation de techniciens spécialisés et des entreprises du bâtiment

L'intervention sur l'architecture traditionnelle trouve son point le plus sensible dans son développement et sa mise en œuvre, en ce qu'il n'y a pas encore de véritable culture de la réhabilitation, sans oublier que les techniciens et la main-d'œuvre qualifiée sont rares, ce qui est répercuté logiquement sur la qualité de l'exécution matérielle des travaux.

Dans le cas des techniciens, il faut compléter leur formation spécifique par des cours de spécialisation, orientés de préférence vers l'étape d'exécution des travaux, où les conditions théoriques de la formation universitaire sont insuffisantes, vu la complexité des travaux de réhabilitation.

Ceci est nécessaire dans tous les pays méditerranéens mais plus encore sur le rivage Sud où les architectes ne sont pas assez nombreux pour couvrir les demandes de construction de nouveaux logements. Dans une telle situation, l'intérêt du professionnel pour les travaux de réhabilitation est forcément minime et, quand il existe, il est limité dans la pratique à des travaux de restauration monumentale, l'architecture traditionnelle en étant donc exclue.

En général, quand l'administration s'engage à intervenir, elle fixe des conditions minimales aux techniciens qui participent à la réhabilitation. La création de *bourses de professionnels* pour rédiger et diriger des projets de réhabilitation a eu des résultats satisfaisants et elle contribue aussi à la spécialisation de l'activité professionnelle.

Dans le cas des entreprises du bâtiment, la connaissance spécifique des caractéristiques particulières de l'architecture objet de l'intervention est exigée. Les entreprises locales qui travaillent dans de petits villages, à la campagne, ou dans des quartiers historiques sont les plus recommandées, pour leur connaissance des systèmes constructifs et des difficultés à trouver les matériaux et à les faire livrer sur le chantier. Mais lorsqu'il s'agit de travaux





La restauration des bâtiments du quartier est effectuée en ayant recours aux techniques traditionnelles, en récupérant la typologie originale et en l'adaptant aux nouveaux besoins des usages contemporains. La cour intérieure de la maison mauresque traditionnelle a été dotée d'une couverture de verre, ce qui permet la climatisation de l'espace et son incorporation au logement. Quartier de l'Albaicín à Grenade (Espagne).



La préparation de tests de mortier pour trouver la texture et la couleur adéquates dans un revêtement traditionnel constitue une tâche nécessaire pour obtenir les résultats attendus. Grenade (Espagne)..

commandés par l'administration, toutes les conditions ne sont pas réunies. Il est habituel que les grosses entreprises ou les entreprises venues d'autres contextes soumissionnent finalement les travaux aux premières, lesquelles travaillent alors en sous-traitance avec des marges bénéficiaires insuffisantes, ce qui aura des retombées néfastes sur la qualité des travaux.

Une autre formule introduite par l'administration est celle de l'*entreprise homologuée*, qui est tenue de remplir des conditions spécifiques pour se charger de travaux de réhabilitation dans un quartier, une ville ou une région. L'*entreprise homologuée* garantit des qualités minimales et permet d'élever le niveau moyen des interventions, tout en répondant à la normalisation professionnelle et fiscale qui lui est impérativement demandée. Cette circonstance, nécessaire mais pas toujours possible dans certains secteurs informels du bâtiment, est habituelle sur les petits chantiers et assez répandue dans la plupart des pays méditerranéens.

L'homologation des entreprises et, en définitive, l'exigence d'améliorer leur capacité technique et de gestion économique doivent aller de pair avec des politiques préalables de formation qui encourageraient des programmes spécifiques pour la récupération ou le recyclage des artisans, en ouvrant des écoles-ateliers ou des centres de formation. L'expérience serait très certainement positive et contribuerait à améliorer les compétences du personnel des entreprises du bâtiment.

Le projet et le contrat

Le projet d'exécution et le contrat de construction établissent et définissent les relations entre le promoteur, les techniciens et l'entrepreneur qui interviennent dans l'exécution des travaux de construction, avec des caractéristiques particulières si l'intervention porte sur des travaux de réhabilitation.

Le projet d'exécution fera apparaître le contenu des travaux à réaliser et sera un document précieux qui devra s'ajuster aux besoins réels de l'intervention. Bien que la définition ainsi que les caractéristiques de ce document aient été développées dans d'autres chapitres de cet ouvrage, le projet doit être mentionné ici dans la mesure où certains aspects sont liés à l'exécution de travaux qui dépendent de la capacité d'adaptation de ce document pour assimiler les imprévus qui vont se manifester en cours de chantier.

Il ne fait aucun doute que la meilleure mesure à prendre pour qu'un projet soit mené à bien dépend du niveau d'adéquation à la réalité de l'intervention. La stratégie la plus efficace consiste à prévoir des études ainsi que des diagnoses préliminaires exhaustives du bâtiment pour limiter les imprévus en cours d'exécution. Or, ce n'est pas toujours possible à cause de la difficulté à réaliser des prélèvements, à gratter les revêtements, à

démonter les faux plafonds, etc., dans un immeuble d'habitation occupé.

Résultat, il faudra attendre que les travaux aient commencé pour connaître avec précision toutes les solutions techniques et constructives ainsi que tous les matériaux présents dans le bâtiment. Cela entraînera la modification partielle de certaines solutions retenues. Le projet sera donc inévitablement modifié, raison pour laquelle il faudra le doter d'une souplesse et d'une ouverture suffisantes pour pouvoir l'adapter aux nouvelles circonstances.

De même, l'implication de l'usager est évidente ainsi que sa participation active dans la phase de rédaction du projet. Cette dernière est trop souvent limitée à la consultation et à l'échange d'information préalable, dans le cadre de la collecte de données, de l'émission d'un diagnostic et de l'exposition des premiers plans pendant la phase de rédaction du projet. Néanmoins, la difficulté à transmettre le langage de la discipline architecturale –normalement associé à des représentations abstraites telles que le plan, la projection verticale et la vue en coupe d'une réalité volumétrique– empêche le maître d'ouvrage d'assimiler le projet, surtout dans des contextes populaires. Il est donc habituel que l'intervention ne soit perçue de l'usager qu'en cours d'exécution des travaux, moment que ce dernier mettra à profit pour demander des modifications du projet initial.

Les demandes les plus courantes portent généralement sur des travaux de finition et le choix des matériaux de revêtement (sols, carrelages, couleurs de façade, etc.) ; elles s'expriment presque toujours quand les travaux sont en cours d'exécution. Or, cet aspect est d'une extrême importance, puisqu'il permet de personnaliser le logement dans les quartiers populaires et évite ainsi l'homogénéisation en cas d'interventions globales portant sur un grand nombre de logements, qui sont confiées en principe à la même équipe technique. Dans ce contexte, le risque serait de prendre des décisions excessivement standardisées dans la phase du projet. Or, cela n'aurait rien à voir avec la production décentralisée et spontanée de l'architecture populaire qui, tout en disposant d'un maigre choix de matériaux et d'un répertoire limité de ressources techniques, savait offrir des solutions personnalisées. Certes, la nouvelle palette de matériaux disponibles démultiplie les possibilités de singulariser l'habitat, mais elle implique aussi le risque de perdre son caractère qui constitue par ailleurs l'une des valeurs à préserver.

Le projet doit considérer ces circonstances, en offrant plusieurs possibilités pour que l'usager participe, pendant le déroulement des travaux, au choix des matériaux et à la création d'un espace personnel, différent de l'espace du voisin, ceci étant compris comme une contribution positive au résultat final.

Un autre aspect qui conditionne normalement les changements éventuels en cours de chantier réfère au coût réel des travaux. Le projet doit inclure la rubrique mesures et devis, où figureront tous les travaux, la superficie concernée et l'estimation globale de l'intervention. Le devis estimatif des différents lots devra s'ajuster à la réalité, ce qui exige une étude détaillée des prix du secteur et des circonstances réelles de l'exécution de travaux de réhabilitation dans un quartier historique ou dans un contexte rural. À la campagne, il y aura lieu d'appliquer une majoration pour compenser l'accès difficile et le mal que l'on aura à se procurer des matériaux ou à trouver de la main-d'œuvre qualifiée.



La richesse des nuances de couleur et de texture dans les parements de la construction traditionnelle se présente comme l'un des éléments à conserver après sa réhabilitation. Rincón de Ademuz (prov. de Valence, Espagne).



Le mélange de matériaux nouveaux et traditionnels constitue l'une des particularités de la nouvelle architecture populaire. Alpujarra (prov. de Grenade, Espagne).

La partie consacrée aux mesures sera complète mais elle gardera une certaine liberté de sorte à refléter la totalité des situations de chantier. Un document précis mais fermé, avec des prix par lots trop serrés, devient un outil dangereux qui, au lieu de contribuer à mettre de l'ordre et à rationaliser le processus, se retourne contre lui. Aussi vaut-il mieux choisir un devis offrant une certaine marge économique.

Certaines expériences mises en place dans les pays du nord du bassin méditerranéen établissent des *bases de prix* spécifiques qui servent de référence et sont d'ailleurs obligatoires pour bénéficier de subventions dans le cadre de programmes promus par l'administration. Ces *bases de prix* ont été préalablement ajustées aux prix de marché, mais il ne faut pas oublier que chaque situation est différente et que seule l'expérience engrangée par les gestionnaires, les techniciens et les constructeurs permettra de rédiger des documents de départ capables de s'adapter aux imprévus d'un chantier.

Le deuxième document fondamental pour le bon déroulement des travaux de réhabilitation, c'est le contrat de construction, qui établit la relation économique entre le propriétaire et le constructeur. Ce document sera porté à la connaissance de l'équipe technique qui assiste le promoteur. De même, il en sera tenu compte dans le choix de l'adjudicataire, sachant que des prix trop bas dans un projet de réhabilitation ne garantissent généralement pas une économie réelle à la fin des travaux.

Le contrat devra spécifier le délai d'exécution des travaux ainsi que le mode de paiement, le mode le plus courant consistant à fractionner les paiements dans le temps et à les échelonner en fonction de l'avancement des travaux, sur présentation des certificats correspondants. Le contrat de construction prévoira aussi la possibilité de fournir un certificat de fin de travaux, où le devis estimatif s'ajustera au coût réel et où les écarts éventuels seront notés.

Mais lorsque les variations sont excessives par rapport au projet initial et laissent supposer l'application d'un supplément ou simplement de modifications techniques importantes, sans supplément, il pourra être utile de rédiger un projet modifié. Le projet modifié permet de redéfinir le projet initial et d'introduire de nouveaux travaux avec une nouvelle estimation du coût. Néanmoins il est fréquent que ce document entraîne l'arrêt partiel des travaux, ce qui n'est pas toujours possible lorsque l'intervention porte sur un logement partiellement occupé par ses propriétaires ou lorsque ceux-ci sont relogés provisoirement dans des conditions qui ne sont pas toujours acceptables.

La liquidation de fin des travaux et le projet modifié ne devront pas avoir la considération d'écarts ou d'erreurs par rapport au projet initial, mais de circonstances possibles dans un projet de réhabilitation, même si elles ne sont pas souhaitables. Elles seront donc acceptées et incorporées au déroulement habituel de ce type d'interventions.

Ces documents revêtent un intérêt certain quand les travaux sont concernés par les lois qui régissent les marchés publics dans les pays méditerranéens, appliquées partout avec quelques variantes. Normalement, cet aspect se heurte à des difficultés administratives lorsque des conditions rigides, définies en principe pour les constructions neuves, s'appliquent aussi à des interventions de réhabilitation. Or, ces interventions demandent nécessairement d'adapter les normes régissant la rédaction des projets ainsi que



La réhabilitation de la casa pinariega –habitat typique de la zone située entre Soria et Burgos (Espagne)– a été effectuée en prêtant une attention toute particulière à l'utilisation des matériaux et des techniques de construction locaux, et en récupérant les éléments caractéristiques qui l'identifient, le four et la cheminée. Navapalos (prov. de Soria, Espagne).



La restauration du marabout Sidi Abdellah ben Alí, situé dans le ksar de Tamnougalt, a contribué à la consolidation des symboles culturels et religieux de la population locale. Vallée du Draa (Maroc).

les lois sur les marchés publics à la singularité, aux caractéristiques et à l'échelle des travaux de réhabilitation.

Alors que ce que nous venons de décrire trouve un cadre administratif normalement approprié dans la plupart des pays, la réalité est bien différente en ce qui concerne les niveaux d'exécution de ces normes. L'application stricte de la règle impliquerait de paralyser de nombreux chantiers de réhabilitation, surtout dans des contextes où l'usage se plie généralement peu à des mécanismes aussi rigides et à des procédures héritées des pays du Nord, mal adaptées aux réalités du rivage Sud. Notons que, plus récemment, des interventions financées dans le cadre de programmes européens, de programmes de coopération internationale, etc., obligent à remplir certaines conditions administratives, techniques, économiques, de sécurité, etc., dans des contextes techniques et sociaux où ces pratiques n'étaient pas coutume.

Indépendamment de ces questions administratives, il ne faut pas oublier que de nombreuses interventions sur l'architecture traditionnelle sont entreprises de manière informelle et qu'elles sont rarement contrôlées ou supervisées par l'administration publique. L'existence d'un projet ou d'un document technique rédigé par un professionnel qui planifiera convenablement les travaux de réhabilitation et la signature d'un contrat de construction qui régira les relations économiques entre les parties sont indispensables pour garantir la bonne fin des travaux. L'équilibre entre ce qui est souhaitable et ce qui est possible est dans ces cas-là la seule stratégie utile pour exécuter jusqu'au bout un processus réglementé de réhabilitation de l'architecture traditionnelle. Il s'agit donc de définir un modèle de gestion qui assumera les conditions de départ des contextes socioéconomiques du site objet de l'intervention, en établissant initialement des contrôles minimums, puis en les amplifiant progressivement jusqu'à atteindre les objectifs visés.

L'exécution des travaux

Les questions préliminaires

Plusieurs questions administratives sont à résoudre avant même de commencer les travaux.

Normalement, les autorités municipales exigent un permis de construire autorisant l'intervention après avoir révisé le projet d'exécution, lequel devra être conforme aux normes d'urbanisme. D'autres permis sont également exigés, pour occuper la voie publique, par exemple, ou pour réaliser des branchements d'eau, d'électricité et d'assainissement, moyennant paiement des taxes correspondantes.

En outre, si l'intervention porte sur des bâtiments appartenant à des ensembles urbains ou ruraux concernés par les lois régissant la protection patrimoniale ou environnementale, le projet devra être



Séchage de briques de terre avant leur mise en œuvre. Vallée du Dadès (Maroc).



Les poutres et les planches de palmier récupérées dans une ancienne construction sont conservées avant d'être réutilisées dans une nouvelle construction. Tafilalt (Maroc).



Matériaux anciens et nouveaux sont utilisés dans les nouvelles constructions de la région. Alpujarra (prov. de Grenade, Espagne).

révisé par les autorités compétentes. Les niveaux de protection exigent parfois la réalisation d'études archéologiques *in situ*.

Le choix des matériaux, les aspects environnementaux et la gestion des déchets

L'architecture traditionnelle ne posait pas de problèmes environnementaux, car elle était un élément de plus de l'écosystème. Mais la situation a changé : d'une part, l'adéquation du bâtiment aux conditions d'usage actuelles requiert nécessairement l'incorporation de nouveaux matériaux ; d'autre part, le changement de circonstances sociales et des économies productives, surtout en milieu rural, entrave la conservation du modèle traditionnel.

Les bâtiments historiques, notamment l'architecture rurale, ont été construits avec des matériaux prélevés dans les environs et à peine transformés. L'épuisement de certaines ressources naturelles, la disparition des systèmes d'exploitation agraire ou forestière et la création d'espaces protégés ont limité la disponibilité de ces matériaux traditionnels, au point qu'il est parfois difficile de trouver les matériaux appropriés à la réhabilitation envisagée.

Les difficultés ne manquent pas quand on voudrait utiliser la pierre ou le granulat de carrières proches, fermées du fait de leur faible rentabilité ou de leur insertion dans un parc naturel où leur exploitation n'est plus autorisée. C'est aussi le cas de certaines essences de bois, fréquemment utilisées dans l'architecture traditionnelle et aujourd'hui protégées, ou encore des produits issus de l'agriculture et de l'élevage tels qu'ils étaient pratiqués jadis (paille, roseaux, fumier, etc.).

Dans de telles situations, la seule solution consiste à chercher, dans des contrées proches du site, des matériaux de caractéristiques similaires. Cette opération est néanmoins risquée au sens où la facilité de transport et les incompréhensibles lois du marché permettent actuellement d'utiliser des matières premières importées de territoires parfois lointains, par-delà nos frontières régionales, voire nationales. L'utilisation de matériaux autochtones hors contexte aboutit à une alarmante homogénéisation de la construction traditionnelle. Ainsi l'ardoise de Galice dans les constructions dites traditionnelles des montagnes du littoral méditerranéen ou la céramique de Levant espagnol en Afrique du Nord illustrent-elles explicitement les risques encourus. Dans certains cas, ce phénomène d'emprunt est inévitable. C'est le cas des vallées pré-sahariennes où il n'est plus possible d'utiliser le bois de palmier pour la construction ou la réhabilitation de bâtiments, depuis qu'il est protégé dans certaines régions. Le remplacer par du bois d'eucalyptus est devenu habituel et ce bois fait actuellement partie de la nouvelle architecture traditionnelle bien qu'il ne s'agisse pas d'un matériau autochtone.

Il est toujours préférable de choisir un matériau neutre, par exemple un revêtement continu pour couvrir un mur qui devait être en pierre, que d'utiliser un matériau étranger à la construction locale. Il vaut mieux accepter de faire quelques concessions de textures et employer des matériaux capables de s'intégrer, plutôt que d'utiliser des matériaux traditionnels originaires d'autres contrées.

La meilleure des solutions consiste cependant à réutiliser les matériaux dégagés du bâtiment à réhabiliter ou des bâtiments proches dont le mauvais état de conservation exige de les démolir pour les reconstruire entièrement. Un exemple qui illustre bien ce principe est celui de la récupération du pisé au sud du Maroc où, alors que la terre est un matériau abondant, on préfère monter les murs d'une nouvelle construction avec le pisé récupéré dans les ruines de l'ancienne construction. Mais il n'est pas toujours possible de réutiliser les matériaux car ils se font rares ; il convient donc d'établir des priorités, normalement associées à la réhabilitation de bâtiments publics ou tout spécialement emblématiques.

Quand il est difficile de se procurer des matériaux de construction appropriés et de retrouver le système constructif traditionnel, l'intervention devient plus coûteuse ; c'est d'ailleurs l'un des arguments qui est habituellement brandi pour exclure ou limiter leur utilisation. Mais ce n'est pas toujours le cas. Il arrive aussi que cela exige tout simplement de fournir de plus gros efforts dans la gestion ou la prévision de leur approvisionnement et, dans la plupart des situations, il s'agit de rompre des routines assimilées par le constructeur. S'il est vrai que, dans un premier temps, l'investissement en temps et en travail est supérieur pour le maître d'œuvre ou le maçon chargé d'exécuter le travail, une fois que l'utilisation du matériau traditionnel a été réapprise, elle finit par être naturellement acceptée sans majoration de coût.

La transformation de l'architecture traditionnelle exige de se soucier de son adaptation aux niveaux de confort et d'habitabilité actuels. Il s'agit essentiellement d'utiliser de nouveaux matériaux qui assureront des fonctions d'isolation thermique, acoustique et d'imperméabilisation, notamment dans les installations d'assainissement, la plomberie et l'électricité, sans oublier l'implantation de technologies fonctionnant avec des énergies renouvelables.

On évitera d'employer des matériaux tels que le polychlorure de vinyle (PVC), les mousses de polyuréthane ou les produits contenant des formaldéhydes, car ils sont toxiques et posent des problèmes de traitement des déchets. Les matériaux alternatifs, plus appropriés du point de vue de l'environnement, sont le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le caoutchouc, le liège et le bois.

De même, l'emploi excessif de ciment et d'acier –déclarés emblèmes universels du progrès, mais dont la fabrication est assortie d'énormes coûts énergétiques– suppose des désordres environnementaux aux conséquences irréversibles. Les alternatives

sont généralement plus coûteuses ou moins efficaces du point de vue structural et cela oblige à approfondir les recherches sur des modèles utilisant des matériaux traditionnels tels que la terre, la céramique ou le bois, probablement en livrant bataille aux normes en vigueur, mais loin de toute position dogmatique et simplificatrice de la réalité.

Quant à l'emploi des énergies renouvelables, il est difficile de les intégrer du point de vue architectural, qui plus est si la construction est traditionnelle. Mais cela ne doit pas empêcher leur développement et il faut faire preuve d'imagination ou accepter de les intégrer.

Les nouvelles technologies et les nouveaux matériaux sont sans aucun doute une réalité qu'il convient d'accepter pour améliorer les conditions d'habitabilité d'un bâtiment traditionnel. Néanmoins, il convient aussi de s'intéresser de près aux caractéristiques bioclimatiques de l'architecture traditionnelle, dont l'étude scientifique devrait être renforcée pour limiter le recours à d'autres technologies, surtout en matière de contrôle thermique et lumineux du bâtiment.

Nous aborderons finalement l'aspect de la gestion des déchets produits pendant l'exécution des travaux de réhabilitation, qu'ils soient dus à la démolition partielle du bâtiment, dont les matériaux ne seraient pas récupérables, ou à la nouvelle intervention. Il faudra s'efforcer de contenir la production de déchets, tout spécialement celle de déchets toxiques, et les envoyer dans une décharge homologuée.

Cette question est en rapport direct avec la réutilisation des matériaux que nous avons déjà abordée et qui, alors qu'elle est plus coûteuse en main-d'œuvre au départ, permet de profiter des matériaux, évite leur transport à la décharge et la production de déchets inutiles. La réutilisation crée des emplois et limite la consommation de matières premières, en éliminant les coûts de production et leur transport, raisons pour lesquelles c'est une pratique spécialement recommandée du double point de vue social et environnemental.

En définitive, l'utilisation d'un matériau, sa mise en œuvre et son coût environnemental n'ont pas de rapport direct avec son prix de marché, alors que celui-ci est fréquemment déterminant pour arrêter une décision. Il faut savoir que cette valeur ne tient pas compte des *coûts indirects*, également appelés coûts de renouvellement. Pour l'ingénieur uruguayen Eladio Dieste, cela implique une différence claire entre l'*économie financière*, liée à l'argent, et l'*économie cosmique*, qui implique d'après lui « d'être en accord avec l'ordre profond du monde ». Cette approche demande d'incorporer aux processus de prise de décision la considération des coûts énergétiques, environnementaux et sociaux ainsi que la perte des valeurs de la culture traditionnelle et des symboles d'identification locale. La disparition de ces valeurs fonctionne selon le principe de l'irréversibilité et non selon la logique du rapport coût-bénéfice, de sorte qu'une fois perdues elles ne sont plus récupérables.

Cette réflexion suscite néanmoins plusieurs lectures en fonction du contexte économique. Dans les pays du nord de la Méditerranée, les économies développées peuvent et doivent assumer les *coûts indirects* des matériaux, puisque leur répercussion sur le coût final est moindre, la plus grosse dépense correspondant à la main-d'œuvre. Dans les autres pays du bassin méditerranéen, la réalité est très différente car ils dépendent



Le pisé demeure vivante dans la région. Anti-Atlas (Maroc).

souvent de matériaux et de technologies importés dont les coûts sont largement supérieurs à celui de la main-d'œuvre.

La récupération des systèmes constructifs traditionnels et leur mise en œuvre

Dans l'architecture traditionnelle, les qualités patrimoniales répondent à des singularités spécifiques, associées à une région, une vallée ou une ville, dont la valeur tranche sur d'autres réalités. Traditionnellement, la connaissance du système constructif et l'utilisation appropriée du matériel faisaient partie du patrimoine du constructeur local. Dans la plupart des contrées et des régions de la Méditerranée, cette connaissance intangible a déjà disparu ou bien elle est en voie de disparition, à cause de la perte de valeur des particularités locales ainsi que des métiers traditionnels. On en retrouve cependant des traces dans la matérialité des bâtiments qui ont subi le moins de transformations, bien que cette évidence ne soit pas mise en valeur, ni même identifiée par la population locale actuelle.

Un observateur averti de l'architecture traditionnelle, qui saura identifier la manière caractéristique de construire une avancée de toit, de dresser un mur en pierre ou qui saura reconnaître le système constructif appliqué à l'exécution d'un plancher, sera capable de distinguer et de mettre en valeur les spécificités locales de la construction traditionnelle. Cette appréciation n'est possible que sous l'angle de l'expérience globale et de la connaissance systématique de différentes architectures traditionnelles dans différents contextes géographiques. De toute évidence, si la tradition constructive d'un lieu a disparu, la récupération du modèle traditionnel relèvera de la responsabilité du chercheur initié ou de l'équipe technique chargée de l'intervention. Néanmoins, la connaissance théorique de la technique n'est pas suffisante pour l'implanter dans les processus de récupération de l'architecture traditionnelle, car son exécution et sa mise en œuvre



Construction d'un mur d'adobe réalisée par un constructeur local (maalem). Vallée du Dadès (Maroc).

sont nécessaires et pour cela il faut pouvoir compter sur la participation du constructeur.

Se demander ce qui possède le plus de valeur, à savoir la conservation de la matérialité à l'aide de techniques empruntées au domaine de la restauration des monuments –héritage direct du développement de la culture des matériaux– ou la récupération réelle du métier de la construction traditionnelle, semble avoir été résolu en faveur de la deuxième option. Nous trouvons quelques exemples représentatifs où la conservation de la matérialité s'avère nécessaire mais, en général, le mauvais état ou la vétusté des matériaux de l'architecture traditionnelle et les coûts élevés de la restauration stricte de leur matérialité nous obligent à pencher pour une intervention sans préjugés, en considérant que la véritable valeur de cette architecture réside davantage dans la connaissance d'une technique et dans la récupération d'un métier que dans la congélation d'une structure historique.

C'est ainsi que nous devrons accepter la démolition et la reconstruction d'un mur en pierre ou sa réparation avec des pierres de mêmes caractéristiques, cette intervention étant entendue comme une régénération naturelle de la maçonnerie d'origine qui a besoin de rénover une partie de ses éléments, sans que cela ne l'accule à perdre son authenticité. En ce sens, il est tout spécialement important d'avoir une bonne connaissance des techniques constructives locales, afin d'éviter des simplifications ainsi que des homogénéisations régionales qui feraient de l'architecture traditionnelle un faux au regard de l'histoire. Pour ce faire, nous avons besoin d'un nouveau concept : la compréhension du bâtiment en tant qu'élément changeant qui subit de nombreuses interventions tout au long de l'histoire et qui se présente comme un ensemble de séquences constructives.

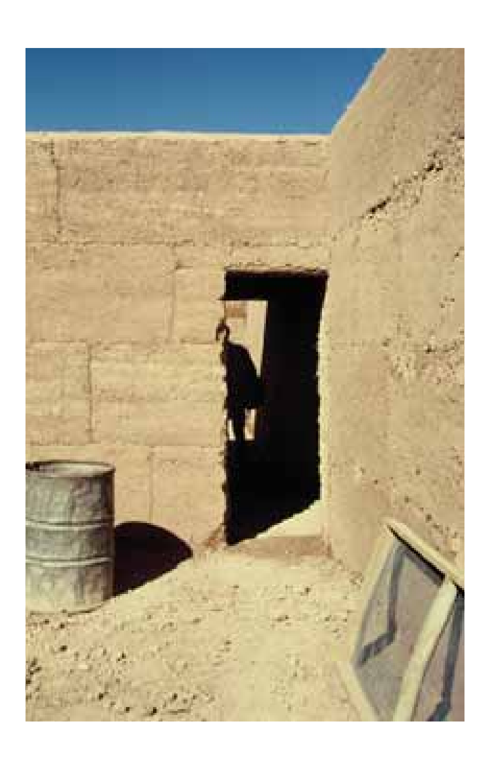
En ce sens, il faut insérer notre intervention dans le cadre d'un processus vivant appliqué au bâtiment, sans craindre qu'il ne se manifeste et sans que cela ne suppose nécessairement d'incorporer de nouveaux matériaux ou de nouveaux concepts spatiaux ou formels. Réparer un mur qui conserve le même rôle dans le bâtiment, le rehausser pour ajouter un étage ou le prolonger dans la parcelle vide qui le jouxte pour agrandir les locaux sont des interventions très différentes.

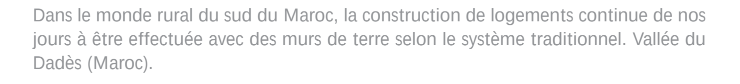
Néanmoins, il paraît évident que la connaissance de la technique et l'utilisation du matériau, enfin réapprises par le constructeur, ne soient pas suffisantes pour mener à bien l'intervention avec discernement. Il faudra aussi l'aborder avec une certaine clarté conceptuelle. Cela se fait parfois en cours d'exécution et il s'agit normalement de légères nuances que l'on ne peut aborder que dans cette phase : étudier minutieusement les contacts entre les maçonneries quand on agrandit une construction traditionnelle, conserver les différentes hauteurs dans les avancées de toit dans un bâtiment déjà transformé ou souligner les différences de revêtements exprimant des séquences temporelles. C'est le cas des légères différences de teinte ou de texture, selon les doses

intervenant dans la préparation des mortiers, le type de sable ou de finition choisi, qui sont capables d'exprimer les transformations subies tout au long de l'histoire et de garder la trace de notre propre intervention.
On assiste trop souvent à la perte de bon nombre de nuances caractéristiques, après une restauration ambitieuse dont les interventions de régularisation vont banaliser les résultats. En ce sens, la présence de techniciens sur le chantier et le contrôle exhaustif des travaux à réaliser, aussi insignifiants soient-ils en apparence, sont essentiels pour conserver ces valeurs.

L'organisation des travaux

L'organisation du chantier, à partir de diagrammes de temps et de coûts, est indispensable dans la construction pour planifier le déroulement ainsi que l'exécution des travaux et quantifier les dépenses à engager pour chaque phase. Un programme de chantier bien conçu permet de prévoir la fourniture des matériaux nécessaires et de disposer des ressources techniques et économiques pour réussir une intervention.
L'une des questions cruciales renvoie très certainement à l'expérience préalable de l'entrepreneur chargé des travaux dans ce genre d'interventions. En effet, l'organisation des travaux et le respect des engagements pris sont placés sous sa responsabilité.
La difficulté que présentent les travaux de réhabilitation due, comme nous l'avons dit, aux imprévus qui surgissent habituellement en cours d'exécution empêche néanmoins de fixer avec précision le contenu ainsi que la portée des travaux à réaliser et d'établir un calendrier précis pour chaque opération. Démonter partiellement le bâtiment, dépendre de matériaux introuvables sur le marché conventionnel et réaliser de nombreux tests avant d'arriver à définir la bonne exécution de certains travaux, entre autres, ralentissent un chantier et obligent à déployer des efforts supplémentaires pour tenter de respecter les délais ainsi que les devis établis dans le programme de chantier.
Normalement, la standardisation qui caractérise la construction conventionnelle repose sur une nette séparation des différents corps de métier qui interviennent sur un chantier et qui sont le plus souvent dirigés par des sous-traitants. Cette circonstance que l'on retrouvait d'une certaine manière dans les grands ouvrages de l'architecture monumentale n'apparaît pas dans l'architecture traditionnelle, où l'échelle de l'intervention et son caractère local admettent que les travaux soient réalisés par une seule équipe de maçons qui toucheront à presque tous les métiers. Cela a pour conséquence directe d'offrir une plus grande souplesse dans l'organisation des travaux ; or, cet aspect est capital pour mener à bien des interventions de réhabilitation.
Un autre aspect qui conditionne l'organisation des travaux de réhabilitation, notamment lorsqu'il s'agit d'une construction




Dans le monde rural du sud du Maroc, la construction de logements continue de nos jours à être effectuée avec des murs de terre selon le système traditionnel. Vallée du Dadès (Maroc).



La restauration de la casbah Ait Ben Moro pour son usage comme habitat touristique a été effectuée avec des matériaux et des techniques traditionnels. Skoura (Maroc).

traditionnelle, renvoie à la disponibilité des matériaux nécessaires, d'où l'importance de prévoir les approvisionnements suffisamment à l'avance et de bien calculer les quantités pour achever les travaux.Les matériaux traditionnels ne sont évidemment pas fabriqués industriellement et ils ne sont pas toujours commercialisés par des circuits conventionnels, raisons pour lesquelles il sera très souvent compliqué de dénicher des lots homogènes permettant de disposer de matériaux en quantité suffisante pour mener un chantier à bonne fin. L'exemple type est celui d'un lot de briques ou de tuiles dont la production artisanale ou la provenance de différents chantiers de démolition ne garantira pas l'homogénéité du format, de la couleur ni de la texture, ce qui obligera à mélanger les pièces lors de la mise en œuvre pour dissimuler les différences.

En général, le facteur temps pèse énormément sur l'avancement des travaux ; les retards étant fréquents et considérables dès lors que des conditions climatologiques ou saisonnières sont requises pour leur exécution. C'est le cas, par exemple, de la mise en œuvre d'un mortier de chaux qui durcit lentement et ne résiste pas aux gelées, ce qui ne permet pas de l'appliquer dans certaines régions quand l'hiver est rude. C'est encore le cas de la fabrication d'un torchis traditionnel où il faut attendre la fin des moissons pour disposer de paille fraîche qui augmentera la résistance de la construction et évitera le retrait en cours de séchage. Plus couramment encore, le bois devra être suffisamment sec avant sa mise en œuvre et cela demandera parfois de clore un cycle annuel. Les murs en pisé sont un autre exemple caractéristique. Leur préparation est lente car il leur faut un certain temps pour qu'ils perdent leur humidité, s'allégent et arrivent à une bonne résistance finale. La lenteur de la construction d'un mur en pisé entre généralement en conflit avec les délais trop justes d'une construction conventionnelle.

Les dernières finitions méritent aussi toute notre attention. La sincérité constructive de l'architecture traditionnelle, où les matériaux sont employés pratiquement à l'état brut, conditionne l'image finale de l'ouvrage et suppose de réaliser des prévisions de couleur et de finition au début des travaux. C'est le cas par exemple d'une poutre en bois qu'il faudra teinter et foncer avant la mise en œuvre, ce qui demandera de choisir la teinte définitive au début des travaux. Si le traitement était appliqué postérieurement, les changements d'humidité qui font bouger le bois entraîneraient des différences importantes de couleur.

La singularité des différents travaux a des retombées inévitables sur le calendrier fixé pour leur exécution. Un cas fréquent est celui du choix de la texture et de la teinte d'un enduit de façade qui passe par de nombreux essais où seront combinés des sables et des composants différents jusqu'à obtenir le mortier et la finition souhaités. Le temps de séchage prolongé d'un mortier traditionnel



La restauration de la casbah Ait Ben Moro pour son usage comme habitat touristique a été effectuée avec des matériaux et des techniques traditionnels. Skoura (Maroc).



Dans le Haut Atlas marocain, la pierre est toujours utilisée pour la construction des bâtiments. Teluet (Maroc).

et son influence chromatique sur d'autres éléments de la construction exigent de réaliser les essais suffisamment à l'avance.

Les mesures de sécurité
Préconiser des mesures de sécurité et les faire respecter strictement sont d'autres aspects sur lesquels il convient d'insister pour éviter les conséquences fâcheuses de comportements irresponsables. Ces mesures sont indispensables à la sécurité des travailleurs, des techniciens et des passants sur un chantier de réhabilitation.
Il faudra rédiger un document technique, intitulé étude ou plan de sécurité, qui reflétera toutes les mesures de protection individuelle et collective à implanter pendant toute la durée du chantier.
Une autre phase délicate lors de travaux de réhabilitation est celle qui consiste à étayer correctement le bâtiment avant d'entamer des démolitions partielles d'éléments de structure. En effet, dans une construction traditionnelle, les éléments sont stables tant qu'ils gardent leur cohésion d'ensemble. L'élimination partielle du système peut modifier la manière de travailler des éléments d'origine et occasionner l'effondrement du reste de la structure. Un exemple bien connu est celui de la conservation de la façade d'un bâtiment historique qui est vidé de l'intérieur. Sans prétendre exposer ici des considérations sur la pertinence conceptuelle de cette pratique, il faut savoir que c'est une opération courante dans de nombreux quartiers historiques des pays méditerranéens, où les normes de sauvegarde du patrimoine se limitent à cet aspect et où le risque d'effondrement de la façade existe. En général, dans les bâtiments dont les murs sont maçonnés, il importe de distinguer ceux qui ont valeur de murs porteurs des murs de clôture ou de séparation ; ce détail est capital dans les opérations de démolition d'éléments de structure.
Un autre exemple caractéristique est celui du démontage partiel d'une ossature en bois en toiture. La connaissance structurale et la manière dont travaille chacun des éléments qui la constituent, sont la seule garantie de bonne fin d'une intervention sécurisée sur l'ossature.
Les mesures de protection collectives (échafaudages, garde-corps, filets de protection, etc.), destinées à garantir la sécurité d'un chantier, ont été conçues pour des bâtiments conventionnels. Elles s'adaptent mal à des bâtiments historiques qui possèdent des éléments singuliers (corniches, balcons, planchers en bois, etc.). Ces considérations ne doivent pas servir d'excuse mais exiger au contraire l'incorporation d'éléments complémentaires pour garantir leur correcte installation.
Du point de vue de la sécurité, il faut également prévoir l'installation, pendant l'exécution des travaux, d'éléments qui vont faciliter l'entretien postérieur du bâtiment, surtout les opérations de nettoyage et d'entretien des couvertures.
En définitive, l'application des mesures de sécurité, qu'elles se réfèrent aux protections individuelles ou collectives, constitue une





L'absence de mesures de protection adéquates implique un risque pour la sécurité des constructeurs. Ouarzazate (Maroc).



Il est nécessaire de prendre des mesures de sécurité pour éviter les accidents sur les chantiers de réhabilitation. Grenade (Espagne).

pratique nécessaire au bon déroulement des travaux de réhabilitation. Certains contextes y sont néanmoins réticents par manque d'habitude. Or, les accidents que l'on aurait pu éviter sont toujours trop nombreux et l'effort des techniciens responsables et de l'administration compétente est indispensable pour réussir à mettre en place les mesures de sécurité nécessaires.
Dans le bassin méditerranéen, l'application de ces mesures varie selon les pays et c'est en milieu rural que la situation est particulièrement critique, du fait de l'éloignement des mécanismes habituels de contrôle et d'inspection. Dans ces contextes, l'effort des agents impliqués devra être décuplé.

Les travaux à réaliser quand l'ouvrage est terminé

À la fin des travaux de réhabilitation d'un bâtiment, il y a lieu de préparer une documentation graphique et écrite qui reprendra explicitement les travaux réellement exécutés. En les comparant au projet initial, on notera les modifications ainsi que les incidents ou les appréciations en rapport avec le déroulement du chantier.
Ce document de fin de travaux est très important, car il servira de référence en cas d'interventions ultérieures. Les caractéristiques techniques et constructives de l'architecture traditionnelle répondent généralement, dans des contextes proches, aux mêmes circonstances et elles sont touchées par des pathologies similaires, de sorte que la documentation et la diffusion des expériences réalisées auront une valeur incalculable pour d'autres interventions sur le même quartier ou la même ville.
Par ailleurs, la documentation détaillée des solutions définitives, retenues dans le cadre de l'intervention, facilite les tâches d'entretien du bâtiment. Des plans réalisés après l'intervention, indiquant l'emplacement exact des installations d'assainissement et de plomberie, permettent de les repérer en cas de réparations futures. De par leurs caractéristiques, ces éléments sont généralement les premiers à se détériorer et à réclamer des travaux de conservation.
Cela nous amène à l'examen d'une autre question toute aussi importante : la conservation et l'entretien périodique du bâtiment après les travaux.
Les matériaux avec lesquels un bâtiment historique a été construit vieillissent dignement si le bâtiment est régulièrement entretenu et soumis à des travaux de conservation, car le temps n'est pas en soi un motif de perte des qualités esthétiques et fonctionnelles. Nettoyer la végétation qui envahit les chéneaux et les tuiles, refaire les terrasses-toitures, chauler les parements extérieurs chaque année ou traiter et protéger les éléments en bois sont au nombre des travaux indispensables pour assurer la longévité d'une construction. Sans aucun doute, laisser à l'abandon une construction traditionnelle est la cause de la plus grave des pathologies qui la menacent et annonce inévitablement sa ruine.

Création d'emplois grâce à la réhabilitation pour une communauté durable

Khaldun BSHARA
Architecte
Directeur de l'Unité de Conservation, RIWAQ-Centre for Architectural Conservation, Ramallah, Palestine (A.N.P.)[1]

Introduction

Suivant le Registre des Bâtiments historiques en Palestine de Riwaq, la rive ouest du Jourdain et la bande de Gaza contiennent plus de cinquante mille bâtiments historiques[2] . Ceux-ci constituent le trésor national de la Palestine, du fait de leur valeur culturelle qui peut être utilisée comme principal agent pour relever la situation économique. « Peut-être davantage que n'importe quel autre aspect de la culture matérielle palestinienne, le patrimoine bâti est en train de vivre une perte rapide de son caractère distinctif. L'état de négligence des vieux bâtiments partout en Palestine est tout particulièrement inquiétant. Des bâtiments historiques de valeur ont été détruits au bulldozer ou abandonnés, ou offerts à la destruction pour être remplacés par de nouvelles constructions qui n'ont aucun rapport avec le patrimoine architectural du passé. Les méthodes de construction traditionnelles, les artisanats de la construction et les savoir-faire sont proches de l'extinction du fait de la mise à la retraite ou de la mort des maîtres constructeurs et des artisans. Le reste de l'environnement naturel est aussi en train de subir des modifications dévastatrices. Le magnifique paysage rocheux ainsi que les terrasses en pierre sèche, typiques du paysage palestinien, sont remplacés par des immeubles de béton mal finis. »[3]

Dans des circonstances normales, le raisonnement pour la conservation des bâtiments historiques découle de thèmes tels que le réveil de la fierté nationale au travers de la réanimation de son incarnation physique, de la sauvegarde de certaines valeurs historiques, esthétiques, éducatives ou environnementales, ou bien du désir d'améliorer le statut économique en encourageant le tourisme culturel en rapport avec le patrimoine construit.

La Palestine, terre en crise, a eu une attitude quelque peu curieuse en ce qui concerne la conservation du patrimoine construit ; l'objectif principal ayant été la lutte contre l'occupation israélienne et la manifestation de la détermination palestinienne en ce qui concerne la terre et l'histoire.

Dans une situation politique se détériorant continuellement, avec un taux de chômage qui dépasse les 50 % sur la rive ouest du Jourdain et dans la bande de Gaza, Riwaq[4] a lancé les *Job Creation through Restoration Projects* (Projets de création d'emplois par la réhabilitation) créant des emplois pour des milliers de travailleurs, qui ont été incapables de parvenir sur leur lieu de travail du fait de la fermeture de la frontière ou du couvre-feu. La valeur des bâtiments historiques devant être restaurés ou réhabilités pourrait de plus en plus être mesurée par le niveau de chômage, l'empirement de la situation économique et les menaces aussi bien de la colonisation israélienne que de l'apartheid créé par le mur de séparation.





Des dizaines de bâtiments historiques dans différentes villes et villages ont été restaurés et réhabilités pour accueillir des activités sociales et culturelles qui servent aux secteurs marginalisés, en créant directement et indirectement des journées de travail pour les chômeurs. Commencés en 2002, il est devenu de plus en plus certain que les projets *Job Creation through Restoration* étaient très productifs et jouaient un rôle tangible dans la restauration socio-économique. D'où le fait que cette politique ait été adoptée par différentes organisations comme moyen de soulager la pauvreté. « La conservation comme moyen et non comme but » est apparue comme le futur slogan local pour la restauration dans un monde globalisé qui considère les travaux de conservation comme une activité de luxe, ne pouvant être menée qu'après que

les besoins de base de la communauté aient été satisfaits. La Palestine, pays dévasté, est très loin de pouvoir répondre aux besoins de base.

La conservation du patrimoine culturel : une nécessité plutôt qu'un luxe

Si l'on examine la réalité actuelle de la conservation en Palestine, on pourrait conclure qu'elle n'a jamais constitué une priorité ni dans le secteur public ni dans le secteur privé, et qu'il y a quelques années la conservation était considérée comme une activité faisant perdre du temps, des efforts ainsi que des ressources et menée par des intellectuels petit-bourgeois. Étant occupée, et sans souveraineté nationale ni planification stratégique, la Palestine n'était pas prête pour un tel luxe.
Le cadre juridique insuffisant pour la protection, la conservation et le développement du patrimoine culturel construit a contribué à la situation de détérioration dont il souffre. Cela pourrait participer à expliquer l'état épouvantable de ce patrimoine qui résulte aussi bien de la destruction naturelle que de la destruction humaine de ces atouts irremplaçables.
Ce patrimoine n'a jamais été restauré pour sa signification pour un passé et un avenir de la Palestine. Les initiatives de conservation ont été dirigées soit par des forces politiques (comme dans le cas de Jérusalem et d'Hébron) soit par des initiatives d'investissement privé (comme les investissements dans les services touristiques). Ce n'est qu'après les accords d'Oslo (1993) que la Palestine a été le témoin de progrès dans la conservation (projets à large échelle, introduction de nouvelles techniques, approche holistique ou planifiée, nouvelle législation du patrimoine culturel construit, nomination de sites sur la liste du patrimoine mondial, manuels de restauration, etc.).
L'état épouvantable de ce patrimoine culturel implique une action immédiate, non seulement parce qu'il s'agit d'un agent essentiel pour la restauration de l'économie palestinienne mais aussi à cause de ce qu'il représente en tant que partie du patrimoine matériel de l'humanité, excédant par conséquent les significations ou les frontières nationales « étroites ».

Réhabilitation et récupération socio-économique

L'impact de la conservation du patrimoine culturel sur le développement socio-économique est de plus en plus reconnu aussi bien au niveau local qu'au niveau mondial. Ces projets de réhabilitation font en sorte de créer une dynamique de développement aussi bien à court terme (pendant les activités de réhabilitation) qu'à long terme (après les activités de réhabilitation). Cela provient en réalité du fait que les travaux de réhabilitation sont des activités locales, qui interviennent avec des techniques locales et des matériaux domestiques dans la plupart de ces processus. Conformément à l'expérience palestinienne, les travaux de conservation s'harmonisent bien avec la perspective du développement durable et respectueux de l'environnement, car :

1. Le patrimoine culturel bâti est fait avec des matériaux locaux, avec des savoir-faire locaux et avec des techniques locales, et par conséquent les activités de réhabilitation font revivre les artisanats en rapport avec la construction (tels que la sculpture des pierres, la menuiserie, etc.) ainsi que les industries locales (telles que la fabrication des tuiles traditionnelles, la production de chaux, etc.) ;
2. La réhabilitation du patrimoine culturel bâti est économiquement faisable parce que la conservation a prouvé qu'elle était meilleur marché que la construction neuve (le coût des travaux de restauration ne dépasse pas 50 % du coût de la construction neuve). De surcroît, la restauration de l'architecture vernaculaire présente un haut degré de possibilités de recyclage pendant les activités mêmes (réutilisation des matériaux) ou dans le cas de la destruction de parties de ces structures ; les résultats sont des déchets non préjudiciables à l'environnement. L'entretien du patrimoine culturel bâti est donc possible, faisable et bon marché simplement parce que ces travaux sont domestiques ;
3. Le patrimoine culturel bâti a prouvé qu'il avait des possibilités d'adaptation élevées. Les maisons historiques réhabilitées ont été converties en logements, en locaux commerciaux, en installations de petites entreprises et en services pour le tourisme… participant tous à la création d'emplois permanents ou de possibilités alternatives de revenus pour les collectivités locales ;
4. La réhabilitation du patrimoine culturel bâti implique la création d'emplois à court et à long terme. Les expériences palestiniennes ont permis de noter que les coûts de restauration sont plutôt destinés à la main d'œuvre locale et aux matériaux domestiques qu'à un travail importé et à des matériaux étrangers, ce qui permet une restauration économique au travers des industries et des fournisseurs locaux.

De la conservation politique à la création d'emplois

Entre 2002 et 2006, RIWAQ a permis de rénover plus de trente bâtiments historiques dans différentes villes et villages au travers des *Job Creation through Restoration Projects* , pour accueillir des activités sociales et culturelles qui servent aux secteurs marginalisés. Plus de soixante-dix mille journées de travail directes[6] et indirectes[7] ont été créées pour des travailleurs spécialisés et semi-spécialisés, des ingénieurs ainsi que d'autres spécialistes.

RIWAQ a cherché à maximiser l'emploi par des politiques de travail intensif. L'équipement mécanique était réduit ou interdit, et par conséquent les travaux reposaient largement sur le travail humain dans la construction, l'excavation et le mélange du mortier. Il y a aussi eu une volonté certaine à utiliser dans la construction et les finitions des articles fabriqués localement tels que des tuiles des modèles traditionnels pour maximiser les journées de travail indirectes effectuées hors du site. Riwaq se repose sur les techniques de construction traditionnelles et l'emploi de détails eux aussi traditionnels tout spécialement dans les secteurs du travail de la pierre, de la serrurerie, de la menuiserie et de la charpenterie, qui ont tous besoin, pour produire, de davantage de travail aussi bien spécialisé que non spécialisé. Avec l'expérience acquise pendant des années, Riwaq a atteint le point où presque les deux tiers du coût total des projets de réhabilitation sont dépensés par la main d'œuvre sur le site et hors du site ; un tiers seulement du budget est alloué aux matériaux et aux autres fournitures, pour l'essentiel locaux.

La création d'emplois grâce à la restauration comme nouvelle tendance

Il faut mentionner que l'Hebron Rehabilitation Committee a commencé en 2003 des projets de nettoyage et de conservation préventive dans les quartiers de la vieille ville d'Hébron. L'intention était de créer autant d'emplois que possible pour les habitants d'Hébron et de préparer le terrain pour les ménages afin qu'il puissent mener la réhabilitation de leurs propres intérieurs. Parallèlement, comme partie de son programme d'assistance au peuple palestinien sur la rive ouest du Jourdain et dans la bande de Gaza, le Programme de Développement des Nations unies (UNDP) a mis en œuvre le projet Tashghil ou *Job Creation* (2004-2006) qui vise à la réhabilitation et à la restauration de plusieurs bâtiments historiques dans sept sites différents dans les zones nord de la rive ouest du Jourdain.

Enfin, en ce qui concerne le nombre d'emplois créés ou l'importance du chômage, des milliers de familles ont été aidées par des programmes de fournitures dans lesquels la conservation est devenue un moyen d'améliorer les conditions de vie au lieu d'être un but en soi. En plus du résultat précédent, des dizaines de bâtiments historiques ont été transformés en centres actifs qui eux-mêmes constituent des possibilités d'emploi à long terme. Il peut être utile de considérer ce type de conservation (la conservation comme un moyen et non comme une fin, une nécessité et non un luxe), avec tous ses avatars[8], comme l'un des types de conservation les plus prometteurs remarqué par les développeurs et les donneurs d'ordre tout particulièrement dans les zones en crise un peu partout dans le monde. Cette nouvelle catégorie dans la conservation considère comme prioritaires les besoins des communautés locales avant ceux des touristes, et même avant ceux des pierres (bâtiments) elles-mêmes. En conséquence, le patrimoine ainsi que les composantes culturelles sont soutenus par la communauté locale alors que l'on sait que ce n'est pas toujours le cas.

Il est maintenant clair que les projets *Job Creation through Restoration* sont très productifs et de là le fait que les différentes organisations les ont adoptés comme un moyen de soulager la pauvreté. Ce type de travail a fait la preuve qu'il était aussi important que les projets de large développement tels que les infrastructures, les travaux de construction ou le tourisme. Les ressources financières injectées dans les murs de ces bâtiments produiront très certainement un impact positif sur la communauté tout en élevant le niveau de conscience concernant le patrimoine culturel bâti palestinien.

---

1 kbshara@yahoo.com

2 Les bâtiments historiques, conformément au registre Riwaq, sont ceux qui ont été construits avant la Deuxième Guerre mondiale avec des méthodes vernaculaires ou traditionnelles (murs de pierre sur les deux faces, structures de terre, voûtes, etc.).

3 Extraits de la brochure de Riwaq.

4 Créé au printemps 1991 *RIWAQ: Centre for Architectural Conservation* travaille à de nombreux niveaux pour réduire les dommages qui sont faits à l'architecture vernaculaire et aux bâtiments historiques ainsi qu'au paysage palestinien unique. Pour ce faire, RIWAQ a pour objectif principal la conservation et la restauration des vieux bâtiments et le développement ainsi que la promotion d'une forme d'architecture palestinienne indigène basée sur des traditions et des techniques de construction fermement enracinées.

5 Le sens de la restauration correspond au sens classique des mots réutilisation, adaptation, conservation, consolidation, projets de maintenance, pour n'en citer que quelques-uns qui ont été mis en œuvre dans ces programmes.

6 Les journées de travail directes sont celles qui sont obtenues par l'embauche de travailleurs pour effectuer des travaux sur le site tels que la charpenterie, le plâtrage, la menuiserie, la pose de tuiles, les travaux mécaniques et électriques, etc.

7 Les journées de travail indirectes sont celles qui sont obtenues à l'extérieur du site par des travaux tels que la serrurerie, la menuiserie, la production de tuiles décoratives, etc.

8 Restaurer le patrimoine culturel construit pour ce qu'il apporte et pas pour ses valeurs propres.

Quelques observations à propos de la gestion du projet

Athina PAPADOPOULOU
Architecte
Architecte de conservation travaillant pour l'UNDP-UNOPS dans le cadre du schéma directeur de Nicosie, Chypre

Afin de parvenir à un contrôle économique strict d'un projet, et de contribuer de cette façon à l'optimisation du temps et des ressources ainsi qu'à l'obtention de meilleurs résultats finaux, il y a un certain nombre de facteurs à prendre en compte.

Un plan de travail analytique devra être soumis par le maître d'œuvre dans les sept jours qui suivent le commencement du projet. Il devra être discuté et agréé par l'architecte et l'ingénieur qui auront préparé le projet, de même que par les autres consultants du projet de restauration.

Des réunions hebdomadaires sur le site devront avoir lieu ; ces réunions devront être conduites sous la coordination de l'architecte avec la participation du maître d'œuvre ainsi que de tous les consultants impliqués. Des procès-verbaux de ces réunions devront être levés, dans lesquels seront indiquées clairement les actions qui devront être entreprises ainsi que les personnes qui devront les entreprendre ; ces comptes rendus devront circuler parmi tous les participants.

Les zones qui pourront présenter des besoins prévisibles de recherche supplémentaire de la part de l'architecte après que les travaux de restauration auront été entrepris devront être considérées comme étant de toute première priorité dans le plan de travail, et ce afin de formuler une intervention spécifique. Si les zones sensibles sont définis tôt dans le projet, le maître d'œuvre pourra travailler dans une autre zone, en attendant que les décisions d'intervention soient formulées, sans que cela n'affecte négativement les dimensions temporelles et économiques du projet.

Quand les autorités publiques sont concernées, la coordination avec toutes les autorités compétentes ainsi que l'équipe de conception devra avoir lieu sous la direction de l'architecte de restauration. Cette coordination sera nécessaire au stade de la conception ainsi qu'au stade de la construction. Des représentants des autorités publiques devront participer aux réunions hebdomadaires sur le site.

Le maître d'œuvre devra tenir un journal de site détaillé mentionnant sur une base quotidienne le travail exécuté, la force de travail occupée, les machines et les outils employés, les intempéries, les visites de site effectuées par l'architecte et les ingénieurs, ainsi que tout événement important.

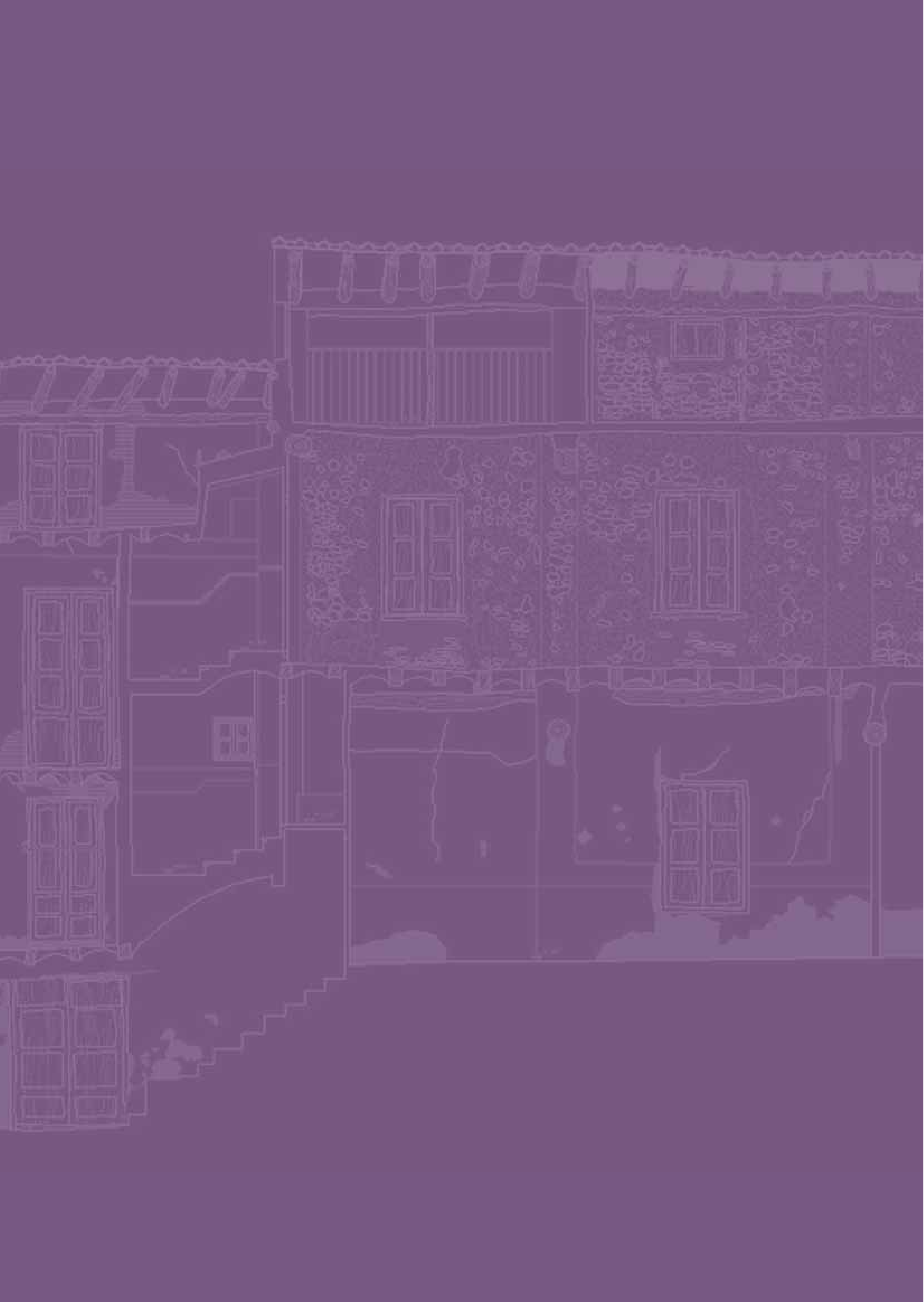
Le maître d'œuvre devra soumettre des certificats de paiement réguliers afin d'aider le *project manager* à maintenir un flux économique régulé du budget du projet, en synchronisation avec le plan de travail et le degré de difficulté des travaux.



Nicosie, Chypre

IV. La vie utile





Outil 11
L'entretien de l'architecture traditionnelle



Outil 11
L’entretien de l’architecture traditionnelle

Faciliter l’étape d’entretien du bâtiment : la « carte d’identité »

Ramon GRAUS
Architecte
Professeur au département de Composition architecturale à l’École polytechnique supérieure de l’édification de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne

Si nous acceptons qu’au moment même où la réhabilitation du bâtiment prend fin, son vieillissement commence, il sera sensé de prévoir dès le départ une série de mesures appelées à en garantir la conservation. Certes, la société qui nous a légué l’architecture traditionnelle méditerranéenne était aussi porteuse d’une culture de l’entretien qui permettait de la conserver soigneusement. Or, nous avons déjà vu dans d’autres articles de cet ouvrage comment cette société est en train de se désintégrer et, avec elle, l’entretien traditionnel de la maison. C’est pour cette raison que nous proposons ici de réintroduire l’entretien de l’architecture traditionnelle dans la phase d’intervention de l’architecte ou de l’ingénieur qui dirigera les travaux de réhabilitation.

En premier lieu, dans un projet de réhabilitation, il faudra avoir réfléchi à la manière dont les principales opérations d’entretien seront réalisées pour garantir l’accès sûr et économique aux différentes parties du bâtiment. L’expérience montre combien il est difficile de réaliser certaines opérations d’entretien quand elles n’ont pas été prévues dans la phase initiale du projet (nettoyer une fenêtre de l’extérieur, changer une ampoule au plafond qui n’est pas à portée d’escabeau, monter sur le toit, enlever les feuilles amassées dans un chéneau, etc.).

En second lieu, à la fin des travaux, il est proposé de fournir au propriétaire les plans des travaux réellement exécutés (qui aideront à connaître le bâtiment, le passage des câbles et des conduits principaux, le schéma de la structure) et que soit l’architecte ou soit l’ingénieur se charge de prévoir l’entretien du bâtiment. Le concept d’entretien planifié va au-delà de l’idée de réparation d’un élément détérioré et introduit des normes d’entretien préventif qui éviteront la dégradation du bâtiment. L’entretien préventif retenu par RehabiMed repose sur la programmation dans le temps de quatre opérations élémentaires : inspection, nettoyage, réparation et rénovation.

La septième étape de la méthode RehabiMed pour les bâtiments propose d’introduire un mécanisme qui facilitera la mise en place de leur entretien vu sous cet angle. Il s’agit de préparer la « carte d’identité » du bâtiment, c’est-à-dire un document où seront notés toute l’information disponible, les consignes et le calendrier des opérations d’entretien pour cinq ans. Les fiches ci-jointes (le modèle est un exemple fictif) proposent une application de cette philosophie d’intégration du bon usage et de l’entretien de l’architecture traditionnelle. Comme on l’observera, les documents conservent pratiquement la même structure que pour les fiches proposées dans le chapitre du diagnostic préliminaire qui sont destinées à faciliter le travail de l’architecte ou de l’ingénieur.



L’escalier est intimement lié au monde de l’entretien, mais ce n’est pas toujours un moyen auxiliaire sûr pour travailler. Tunis (Tunisie).



Les bâtiments réhabilités devraient être assortis de mesures pour faciliter leur entretien ultérieur de manière sûre et économique. Toit muni de pièces spéciales pour garantir les parcours d’entretien, Lisbonne (Portugal).

RehabiMed

Carte d'identité

INFORMATION SUR L'IMMEUBLE			
Propriétaire :			
Contact :			
Adresse :			
Quartier / Ville :			
Responsable de l'entretien :			
Nombre d'étages en sous-sol :		Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée +
Nombre de locaux commerciaux :	en régime de propriéte	Nombre d'appartements :	en régime propriété
	en location		en location
Ancienneté :		Profondeur du bâtiment :	m
Superficie construite :	m²	Superficie de cours, des jardins :	m²
DONNÉES URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages autorisés) :		Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	
Classement du patrimoine :		Constructibilité :	m² plafond / m² sol
Nombre d'étages autorisés :	Rez-de-chaussée +	Profondeur constructible :	m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :		Distance au centre ville :	km
Largeur de la rue :	m	Largeur des trottoirs :	m
Hauteur du bâtiment voisin à gauche :	Rez-de-chaussée +	Hauteur de l'immeuble voisin à droite :	Rez-de-chaussée +
SERVICES ET FORNITURES			
Eau potable :		Électricité :	
Égouts :		Téléphone :	
LISTE DES PLANS DES TRAVAUX RÉALISES			

RehabiMed

Récommandations d'usage

CONNAÎTRE LA MAISON

Éléments	Description	Le bon usage
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)		
Murs et/ou piliers		
Planchers		
Escaliers		
Charpente toiture		
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)		
Revêtement de couverture		
Avant-toits		
Cheminées		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)		
Revêtements		
Balcons		
Menuiserie		
Garde-fous et grilles		
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)		
Balcons		
Assainissement		
Électricité		
Gaz		

LES URGENCES

Se reporter aux consignes spécifiques des fiches annexes :					SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
Fait à		le		20		

11

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année : 2 0 _ _

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Charpente toiture				
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture				
Avant-toits				
Cheminées				
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements				
Balcons				
Menuiserie				
Garde-fous, grilles				
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement				
Électricité				
Gaz				
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :				
Dépenses réelles :				
OBSERVATIONS				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		
Fait à	le 20		

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

RehabiMed

Carte d'identité (exemple)

INFORMATION SUR L'IMMEUBLE			
Propriétaire :	Pedro Jiménez Solera		
Contact :	8660660505		
Adresse :	Rue Entresuelos, 22		
Quartier / Ville :	Mataró		
Responsable de l'entretien :	José Martínez Rollo (777 67 7767)		
Nombre d'étages en sous-sol :	--	Nombre d'étages :	Rez-de-chaussée + 1
Nombre de locaux commerciaux :	1 en régime de propriéte -- en location	Nombre d'appartements :	1 en régime de propriéte -- en location
Ancienneté :	plus de 100 ans	Profondeur du bâtiment :	15 m
Superficie construite :	150 m²	Superficie de cours, des jardins :	80 m²
DONNÉES URBANISTIQUES DE LA COMMUNE			
Qualification urbanistique (usages autorisés) :	résidentiel, quartier ancien	Affectations, charges, inscriptions, hypothèques :	aucun
Classement du patrimoine :	aucune	Constructibilité :	0,25 m² plafond / m² sol
Nombre d'étages autorisés :	Rez-de-chaussée + 2	Profondeur constructible :	14 m m
CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLACEMENT			
Zone (urbaine/rurale) :	urbaine	Distance au centre ville :	-- km
Largeur de la rue :	7 m	Largeur des trottoirs :	1 m
Hauteur du bâtiment voisin à gauche :	Rez-de-chaussée +	Hauteur de l'immeuble voisin à droite :	Rez-de-chaussée + 3
SERVICES ET FORNITURES			
Eau potable :	OUI	Électricité :	OUI
Égouts :	OUI	Téléphone :	OUI

LISTE DES PLANS DES TRAVAUX RÉALISES

1. Emplacement
2. État actuel. Rez-de-chaussée
3. État actuel. Plan premier étage
4. État actuel. Plan couverture
5. État actuel. Façade donnant sur la rue
6. État actuel. Vue en coupe
7. Réhabilitation. Rez-de-chaussée
8. Réhabilitation. Plan premier étage
9. Réhabilitation. Plan couverture
10. Réhabilitation. Façade donnant sur la rue
11. Réhabilitation. Vue en coupe
12. Structure. Plans
13. Installations. Plans
14. Détails construction



Récommandations d'usage (exemple)

CONNAÎTRE LA MAISON

Les maisons demandent à être habitées et entretenues correctement, aussi bien dans leur ensemble que pour chacun de leurs composants. Leurs propriétaires sont ainsi tenus de connaître les caractéristiques générales du bâtiment et de ses différentes parties. Une maison en bon état doit être :

- Sûre. La maison est en principe un lieu sûr, mais en vieillissant, des dangers s'y manifestent : un accident domestique, une fuite de gaz ou une décharge électrique. Conserver la maison en bon état permet d'éliminer les dangers et d'augmenter notre sécurité.

- Durable et économique. Une maison en bon état dure plus longtemps, vieillit dignement et nous permet d'en profiter un bon nombre d'années. En même temps, grâce à un entretien régulier, nous évitons les grosses dépenses que supposent des réparations importantes, devenues urgentes parce que le petit problème de départ s'est aggravé soudainement. Il est toujours plus avantageux de conserver la maison en bon état.

- Écologique. L'isolation thermique et le bon fonctionnement des installations (électricité, gaz, chauffage, climatisation, etc.) permettent de faire des économies d'énergie. Quand les appareils fonctionnement bien, ils consomment moins d'énergie et ils sont plus respectueux de l'environnement. Une maison en bon état est écologique.

- Confortable. Nous sommes plus à l'aise si la maison offre des prestations excellentes dans toutes les pièces et pour toutes les installations. Un niveau optimal de confort est le résultat d'une température et d'une humidité appropriées, d'une bonne isolation acoustique ainsi que d'un éclairage et d'une ventilation optimaux. Une maison en bon état se traduit par une meilleure qualité de vie.

- Agréable. Une maison en bon état a meilleure mine et offre une meilleure image à notre village ou à notre ville.

Éléments	Description	Le bon usage
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)		
Murs et/ou piliers	maçonnerie	Les éléments qui font partie de la structure du bâtiment ne peuvent être modifiés sans le contrôle d'un architecte ou d'un ingénieur. Cette prescription inclut la réalisation de saignées et d'ouvertures pour redistribuer les espaces intérieurs.
Planchers	poutres en bois	La structure a une résistance limitée : elle doit être calculée pour supporter son propre poids et le poids des personnes qui s'y installeront avec leurs meubles et leurs électroménagers. Un changement d'usage, par exemple un logement transformé en magasin, peut entraîner une surcharge de la structure et un dépassement des limites de sécurité. La surcharge admissible des planchers du logement est de 200 kg/m2.
Escaliers	poutres en bois	--
Charpente toiture	ferme en bois	Pour modifier l'usage d'une couverture (surtout dans le cas des toitures-terrasses), il faut consulter un architecte ou un ingénieur.
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)		
Revêtement de couverture	tuile canal	Les couvertures seront nettoyées et désherbées, notamment les trop-pleins, les chéneaux et les noues. On devra pouvoir monter sur le toit sans prendre de risque.
Avant-toits	bois	--
Cheminées	brique	Ramoner le conduit régulièrement car la suie est inflammable.
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)		
Revêtements	enduit à la chaux	Les revêtements de façade sont généralement les points les plus fragiles du bâtiment, car ils sont exposés à l'intempérie. D'autre part, ce qui pourrait paraître sale au départ ou nuire à l'esthétique de la façade peut devenir dangereux car le ou les éléments décollés tomberont directement dans la rue.
Balcons	--	--

Menuiserie	en bois	Aucun élément de fixation d'échafaudage, aucune poulie destinée à hisser des charges ou des meubles, aucun mécanisme de nettoyage extérieur, aucun objet pouvant endommager les fenêtres et les balcons, ne prendra appui sur ces parties de l'immeuble. On ne doit pas taper violemment sur les fenêtres. Par ailleurs, il est possible d'améliorer leur étanchéité à l'air et au bruit en les calfeutrant tout simplement avec des bourrelets. Nettoyer les vitres avec de l'eau savonneuse, tiède de préférence, et les essuyer ensuite. Ne pas frotter avec des linges secs, car ils pourraient rayer les vitres.
Garde-fous et grilles	fer forgé	--
Loggia à arcades	brique	Ne pas entreposer de poids, jardinières ou matériaux par exemple, sur les loggias. Éviter aussi que l'eau d'arrosage ne s'écoule le long de la façade.
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)		
Eau	tuyauterie en cuivre	Il est recommandé de fermer le robinet d'arrêt du logement en cas d'absence prolongée. Par temps très froid, il faut laisser couler l'eau dans les tuyaux pour éviter la formation de gel à l'intérieur. Le bon fonctionnement du circuit d'eau chaude est l'un des facteurs décisifs de l'économie d'énergie. Il convient donc d'y prêter attention pour optimiser le rendement énergétique.
Assainissement	tuyaux en fibrociment	Dans le réseau d'assainissement, il est très important de veiller à la propreté de l'installation et de ne pas l'encombrer d'ordures. On peut y parvenir avec très peu d'entretien, à condition d'en faire un bon usage et d'avoir de bonnes habitudes hygiéniques. Les tuyaux d'évacuation des eaux et notamment la cuvette des W.-C. ne sont pas des dépôts d'ordures. On ne doit pas y jeter de plastiques, cotons, caoutchoucs, serviettes hygiéniques, lames de rasoir, bâtonnets, etc.).
Électricité	2 circuits, 4,4 kW de puissance	Les installations électriques sont à utiliser avec précaution à cause du danger qui leur est inhérent. Il est interdit de manipuler les circuits et les tableaux généraux, ces opérations devant être confiées exclusivement à des professionnels qualifiés. Les enfants ne doivent pas pouvoir manipuler les appareils électriques lorsqu'ils sont branchés et, en général, il faut éviter de les manipuler avec les mains mouillées. Il faut redoubler de précaution dans les installations de salle de bains et de cuisine qui sont des pièces humides. On ne doit pas brancher des appareils d'une puissance supérieure à celle qui est admise par l'installation ni plusieurs appareils qui, dans l'ensemble, auront une puissance supérieure. Si l'on observe des câbles ou des prises branchées qui chauffent en un point déterminé, il faudra les débrancher car c'est le symptôme d'une installation surchargée ou inadaptée aux charges connectées. Les fiches des prises doivent être correctement vissées pour éviter la production d'étincelles. Les mauvaises connexions font que certains endroits chauffent et cela peut provoquer des incendies. Pour nettoyer les lampes et les plaques des mécanismes électriques, il faut débrancher l'installation électrique. Nettoyer avec un chiffon légèrement humidifié avec de l'eau et du détergent. L'électricité sera remise en service après avoir essuyé les plaques.
Gaz	butane	Les tuyaux flexibles raccordant le gaz aux appareils devront mesurer plus de 1,50 m et porter mention de leur date de péremption qui sera imprimée et n'aura pas été dépassée. Il est important de s'assurer que le tuyau flexible et les connexions de l'appareil sont raccordés directement et n'ont pas de jeu. Il faut fixer les extrémités avec des brides. Il ne doit pas y avoir de contact avec une surface chaude, un four en marche par exemple. Le gaz butane est plus lourd que l'air et par conséquent, en cas de fuite, il se concentre dans les parties basses. Aussi faut-il prévoir, dans la pièce qui abrite l'installation, deux grilles de ventilation pour faire circuler l'air, une en haut et l'autre au bas du mur qui donne sur l'extérieur. On ne doit surtout pas les boucher.
LES URGENCES		
En cas d'urgence, agir correctement, vite et efficacement permettra souvent d'éviter des accidents, des incendies et bien d'autres dangers.		

PRÉVENTION CONTRE L'INCENDIE
Éviter d'entreposer chez soi des matières inflammables ou explosives (essence, pétards, dissolvants, etc.)
Ramoner le conduit de cheminée régulièrement, car la suie est inflammable.
Ne pas laisser de produits inflammables à proximité des flammes. Ne pas les utiliser pour allumer un feu (alcool, essence).
Éviter de provoquer des surcharges ou des courts-circuits sur le réseau électrique, car il y a risque d'incendie.
Éviter de fumer au lit : il y a risque d'incendie si le fumeur s'endort avec la cigarette allumée.
Il convient d'installer un extincteur à la maison, adapté au type d'incendie qui pourrait se déclarer.
Débrancher les appareils électriques et l'antenne de télévision en cas d'orage et avant de partir en vacances.

AGIR EN CAS D'INCENDIE
Avertir rapidement les occupants de la maison et appeler les pompiers.
Fermer toutes les portes et fenêtres que l'on pourra pour faire barrière et éviter les courants d'air. Mouiller et obturer les entrées de fumée avec du linge ou des serviettes mouillées.
Si la maison est équipée d'une installation de gaz, fermer le robinet d'arrêt immédiatement et s'il y a une bombonne de gaz, l'éloigner du feu.
Pour abandonner les lieux, descendre toujours par l'escalier. Si le passage est bloqué, aller à une fenêtre et appeler au secours. Ne pas sauter, ne pas essayer de descendre le long de la façade en s'accrochant aux gouttières ou à des draps.
À l'exception des cas où il est impossible de sortir, l'évacuation se fera toujours en descendant, jamais en montant.
Avant d'ouvrir une porte, vérifier si elle est chaude. Si c'est le cas, ne pas l'ouvrir.
S'il faut traverser des endroits enfumés pour sortir, ramper car c'est au ras du sol qu'il y a le moins de fumée ; essayer de retenir la respiration et de fermer les yeux le plus longtemps possible.

AGIR EN CAS DE FUITES DE GAZ
Si une fuite de gaz est détectée, fermer le robinet d'arrêt immédiatement. Ventiler la pièce, ne pas allumer d'allumette, ne pas sonner, ni pas enclencher de mécanismes électriques, éviter les étincelles et prévenir immédiatement l'installateur de gaz agréé ou le service de secours de la compagnie.
Surtout ne pas allumer ni éteindre de lampe, car cela pourrait produire des étincelles.

AGIR CORRECTEMENT DANS D'AUTRES CAS D'URGENCE
Enneigements importants. Ne pas amonceler la neige du toit dans la rue. On peut la faire fondre avec du sel ou de la potasse.
Vents violents. Après la tempête, réviser l'état de la couverture au cas où certains éléments se seraient décollés et seraient sur le point de tomber.
En cas de foudre, après l'orage, réviser les protections électriques et vérifier les branchements.
Inondations. S'installer aux étages supérieurs et débrancher le tableau électrique général. Ne pas barrer le passage de l'eau avec des barrières et des parapets, car cela pourrait endommager la structure.

Se reporter aux consignes spécifiques des fiches annexes :					SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
					Julián Almagro Pérez, architecte	
Fait à	Mataró	le	20 septembre	20 06		

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année (exemple) : 2007

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Charpente toiture				
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture			(2) révision couverture fait le 1/3/2007	
Avant-toits				
Cheminées		(5) ramonage du conduit de cheminée fait le 2/9/2007		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements				
Balcons				
Menuiserie		(2) vitres (1 fois par mois) fait le 8 de chaque mois		
Garde-fous, grilles				
Loggia à arcades				
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement			(2) déboucher tuyau machine à laver fait le 25/2/2007	
Électricité				
Gaz				
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :	0,00 €	250,00 €	300,00 €	0,00 €
Dépenses réelles :	0,00 €	280,00 €	1 200,00 €	0,00 €
OBSERVATIONS				
Les pluies intenses du mois de février ont endommagé la toiture et il a fallu changer 20 tuiles.				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		Julián Almagro Pérez, architecte
Fait à Mataró	le 2 janvier 20 08		

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année (exemple) : 2008

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Charpente toiture				
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture				
Avant-toits				(1) application de peinture laquée
Cheminées		(5) ramonage du conduit de cheminée		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements				
Balcons				
Menuiserie		(2) vitres (1 fois par mois)		(1) application de peinture laquée
Garde-fous, grilles				(1) application de peinture laquée
Loggia à arcades				
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement				
Électricité				
Gaz				
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :	0,00 €	260,00 €	300,00 €	1 000,00 €
Dépenses réelles :				
OBSERVATIONS				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		
Fait à ____ le ____ 20			

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

11

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année (exemple) : 2009

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Charpente toiture				
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture				
Avant-toits				
Cheminées		(5) ramonage du conduit de cheminée		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements				(1) Chauler
Balcons				
Menuiserie		(2) vitres (1 fois par mois)		
Garde-fous, grilles				
Loggia à arcades				
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement				
Électricité				
Gaz				
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :	0,00 €	280,00 €	300,00 €	600,00 €
Dépenses réelles :				
OBSERVATIONS				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		
Fait à	le … 20		

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

11

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année (exemple) : 2010

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers				
Planchers				
Escaliers				
Charpente toiture				
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture				
Avant-toits				(1) application de peinture laquée
Cheminées		(5) ramonage du conduit de cheminée		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements				(1) Chauler
Balcons				
Menuiserie		(2) vitres (1 fois par mois)		(1) application de peinture laquée
Garde-fous, grilles				(1) application de peinture laquée
Loggia à arcades				
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement				
Électricité	(1) révision technique de l'installation			
Gaz	(1) révision technique de l'installation			(1) repeindre tuyaux de gaz extérieurs
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :	300,00 €	280,00 €	300,00 €	1 500,00 €
Dépenses réelles :				
OBSERVATIONS				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		
Fait à	le 20		

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

RehabiMed

Calendrier d'entretien pour l'année (exemple) : 2011

Éléments	À inspecter	À nettoyer	À réparer	À rénover
STRUCTURE (assurer la cohérence de la descente des charges)				
Murs et/ou piliers	(1) révision technique structure			
Planchers	(1) révision technique structure			
Escaliers	(1) révision technique structure			
Charpente toiture	(1) révision technique structure			
COUVERTURE (assurer l'évacuation de la pluie)				
Revêtement de couverture				
Avant-toits				
Cheminées		(5) ramoner le conduit de cheminée		
FAÇADE (assurer le comportement thermo-hygrométrique et éviter le décollement et la chute dans la rue d'éléments de façade)				
Revêtements	(1) révision risque décollement et chute dans la rue			(1) Chauler
Balcons	(1) révision risque décollement et chute dans la rue			
Menuiserie		(2) vitres (1 fois par mois)		
Garde-fous, grilles				
Loggia à arcades	(1) révision risque décollement et chute dans la rue			
INSTALLATIONS (en garantir le fonctionnement et la sécurité à l'utilisateur)				
Eau				
Assainissement				
Électricité				
Gaz				
DEVIS ESTIMATIF (connaître les coûts de l'opération)				
Dépenses prévisionnelles :	500,00 €	290,00 €	300,00 €	600,00 €
Dépenses réelles :				
OBSERVATIONS				

À INSPECTER	À NETTOYER	SIGNATURE DE L'ARCHITECTE / INGÉNIEUR	Nom :
1- Programmé et préventif 2- Correctif 3- Obligatoire légalement	1- Une fois par semaine 2- Une fois par mois 3- Tous les 2 mois 4- Tous les 6 mois 5- Une fois par an		
À RÉPARER	À RÉNOVER		
1- Programmé et préventif 2- Correctif	1- Programmé et préventif 2- Correctif		
Fait à	le 20		

Remplir la case en indiquant la date de la réalisation de l'entretien programmé.

11